DISPENSA N°. 21

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 21

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 21**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

La Dispensa N. 20 ha posto alcuni nuovi problemi, cosicchè è bene ripetere brevemente quanto in essa è stato spiegato.

I *cavi Krarup* e *Pupin* dimostrano che, aumentando l'induttanza, è possibile diminuire l'attenuazione. Studiando tale argomento avete appreso varie nozioni sulla struttura e sull'isolamento dei *cavi di telecomunicazione*. Successivamente sono stati descritti alcuni dispositivi che consentono di sfruttare meglio le linee, che sono così costose; si tratta dei *filtri passa-basso* e dei filtri *passa-alto* per la *telegrafia infracustica*, dei *collegamenti virtuali* e del *sistema duplex*.

Particolare attenzione meritano gli *amplificatori telefonici* impiegati nelle linee interurbane per le grandi distanze. Poichè gli amplificatori posseggono due morsetti d'entrata e due d'uscita, è necessario che le conversazioni provenienti dalle due direzioni vengano amplificate separatamente. Nell'esercizio a due fili, la linea si suddivide nella cosiddetta « *forcella* », della quale la *linea artificiale* costituisce la parte più importante. L'*amplificatore a quattro fili* richiede invece due linee bifilari, separate da cima a fondo per ciascuna direzione di conversazione; in compenso è molto più facile effettuare l'amplificazione e si richiedono due sole forcelle alle estremità della linea, necessarie perchè gli utenti sono collegati con le centrali per mezzo di linee a due soli fili. Gli amplificatori telefonici richiedono sempre uno speciale dispositivo, destinato a produrre una maggiore amplificazione di quelle frequenze foniche che, propagandosi lungo la linea, rimangono più fortemente attenuate. Tale dispositivo è denominato « *compensatore di distorsione* ».

Il sistema più moderno, per l'utilizzazione multipla delle linee, è conosciuto col nome di « *telefonia a frequenze vettrici* ». In un certo senso, essa non è altro che una *trasmissione radio inoltrata su linea*. Vengono impiegate delle onde lunghe, le quali sono però modulate in modo diverso da quelle della radio. Si tratta della *modulazione a banda laterale unica*, che presenta il vantaggio di consentire la trasmissione di un numero maggiore di conversazioni, entro un determinato campo di frequenze.

Il procedimento consiste nella *doppia trasposizione di frequenza*, la quale procura il vantaggio di poter impiegare dei filtri molto più semplici e quindi più economici. Nella stazione ricevente la trasposizione di frequenza avviene nell'ordine inverso, riproducendo le frequenze foniche originarie. Come base della nostra trattazione abbiamo preso il *sistema a 12 canali*, col quale si possono trasmettere contemporaneamente 12 conversazioni su un'unica linea bifilare.

Il *quarzo oscillante* di cui abbiamo quindi trattato, è un mezzo importantissimo per la stabilizzazione della frequenza. Il Capitolo era completato da un semplice schema e dalla descrizione dell'uso dei *cristalli piezoelettrici* nei microfoni e nei rivelatori fonografici. Un'altra applicazione delle esattissime oscillazioni del quarzo è il *cronometro a quarzo*.

Nell'ultimo Capitolo della Dispensa è stato descritto l'uso del *tubo a raggi catodici* nell'*oscilloscopio*, con particolare riguardo all'ottenimento dell'*asse dei tempi*. Poichè le *oscillazioni a rilassamento* sono usate anche in televisione, ci siamo occupati più dettagliatamente della loro generazione. Per terminare abbiamo esposto alcuni esempi di misure. Con ciò vi abbiamo fornito un'idea delle numerose possibilità d'impiego dell'oscilloscopio a raggi catodici, insegnandovi, nello stesso tempo, come esso venga usato.

E ora passiamo alla nuova Dispensa, che ci presenterà altri problemi d'attualità nella tecnica delle telecomunicazioni.

TRASMISSIONI D'IMMAGINI E TELEVISIONE

LA TELEGRAFIA D'IMMAGINI

Dopo aver descritto nella telescrivente un'apparecchiatura adatta per la trasmissione di notizie scritte, veniamo ora alla *trasmissione delle immagini*. Voi penserete naturalmente subito alla *televisione*, ma con ciò andate molto più in là del primo passo su questa via. Dalla semplice trasmissione di un'immagine, come quelle riportate ogni giorno sui giornali, alla riproduzione di un'immagine che si muove, nel ricevitore televisivo, c'è un lungo cammino. La *telegrafia d'immagini* anticipa, però, numerose idee, che stanno alla base della televisione e costituisce quindi un'importante tappa intermedia.

Il principio fondamentale della trasmissione d'immagini

Pensiamo un po' come si possa realizzare la *trasmissione di un'immagine per via elettrica.* Nel primo momento siamo disorientati, poichè cerchiamo invano un organo che possa trasformare una figura in correnti elettriche, come avviene invece nel microfono per la parola e la musica. Il suono varia col tempo e dà origine solo in tal modo al linguaggio ed alla musica. Le immagini invece costituiscono un'impressione momentanea, che rimane immutata, e per la quale il tempo non ha alcuna importanza, a meno che si tratti di immagini in movimento. Che cosa rappresenta l'immagine per il nostro occhio?

Fig. 1

Fig. 2

Evidentemente, detto in termini fisici, essa non è che una *serie di punti più chiari e più scuri*, se per il momento, nel caso più semplice, trascuriamo i diversi colori. L'accenno ai *punti* più o meno chiari svela già il segreto principale della trasmissione delle immagini. *È infatti possibile suddividere un'immagine in singoli punti ad illuminazione diversa, ottenendo tuttavia nel complesso, per effetto dei contrasti di luce, l'impressione dell'immagine primitiva.* Forse avrete difficoltà a comprendere come si possa suddividere una immagine in singoli punti. Pensate alla stampa delle figure nei libri. Anche nella riproduzione tipografica si applica lo stesso procedimento. I *clichés* si producono infatti con l'aiuto di speciali *retini*, coi quali si ottengono tanti punti, più o meno riempiti di nero. Osservate la fig. 1. Senza disporre di una lente d'ingrandimento voi non direste che l'immagine di questo fiore sia costituita da tanti piccoli quadratini, o diciamo semplicemente, da tanti *punti*, più o meno riempiti di nero, secondo il grado di illuminazione. La fig. 2, che rappresenta l'ingrandimento di una piccola parte del fiore, dice più di molte parole come dobbiamo procedere nella *telegrafia delle immagini.* Noi *possiamo infatti trasmettere questi punti a uno a uno*; in altre parole, abbiamo trovato il modo di trasformare, in un certo senso, *una successione di spazi* in *una successione di tempi*. Abbiamo ora bisogno di un organo che ci permetta di trasformare il *valore d'illuminazione* in una *corrente elettrica* o in una *tensione*: rimane quindi un problema che ci ricorda nozioni già apprese, che ci ricorda, cioè, la *telescrivente.* Quest'organo è la *cellula fotoelettrica.*

La cellula fotoelettrica

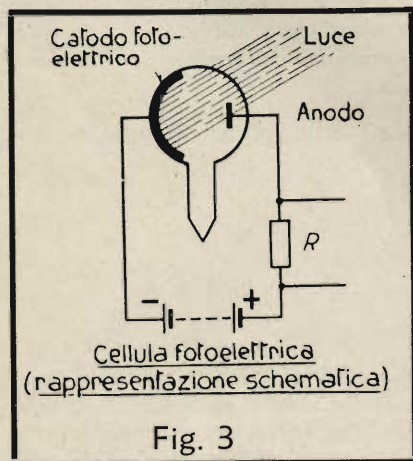
È detta anche « *fotocellula* »; come i normali tubi elettronici, è basata anch'essa sull'emissione di elettroni da parte di una superficie metallica. Com'è noto, nelle valvole termoioniche questo effetto è provocato dal riscaldamento del catodo. Nella *fotocellula* gli elettroni liberi hanno origine quando *il catodo*, che è costituito da un materiale speciale, *è colpito dalla luce* (fig. 3). La *fotocellula* è racchiusa anch'essa in un *bulbo di vetro*, nel quale viene fatto il vuoto per facilitare il movimento degli elettroni. Come per i catodi caldi sono stati trovati materiali particolarmente adatti, così anche per le *fotocellule* si è proceduto a esperimenti metodici, che hanno consentito di stabilire la forma ed il materiale più idonei. Oggi, per la formazione dei *catodi fotoelettrici*, è quasi universalmente adottato l'uso del *cesio.* Nei riguardi della scelta del materiale più conveniente, è di importanza capitale la necessità che, *aumentando l'intensità luminosa, si ottenga un aumento continuo del flusso di elettroni.* Ciò è indispensabile, affinchè la *trasformazione della luce* in *corrente elettrica* avvenga in maniera univoca: in altre parole, *a ciascuna intensità luminosa deve corrispondere una determinata, e una sola, intensità di corrente.* Contrariamente alle valvole termoioniche, nelle quali si impiegano delle *griglie*, per comandare la corrente, nella *fotocellula* si desidera che gli elettroni vadano a finire tutti, o almeno nel maggior numero possibile, su un *elettrodo* che li raccoglie e che, anche in questo caso, è chiamato « *anodo* ».

Cellula fotoelettrica (rappresentazione schematica)

Fig. 3

La cosiddetta « *corrente fotoelettrica* », e quindi la relativa *tensione*, che si presenta ai capi della resistenza *R*, è molto piccola e va *amplificata*. Come risulta dalla fig. 3, la *caduta di tensione* agente in *R* è proporzionale alla *corrente fotoelettrica* e quindi all'*illuminazione*.

La scomposizione dell'immagine

Come abbiamo spiegato prima, per trasmettere un'immagine bisogna che la luce, che colpisce la *fotocellula*, assuma successivamente un'intensità corrispondente ai vari punti dell'immagine. Consideriamo, per esempio, la trasmissione di un'immagine qualsiasi o di una fotografia. In Europa sono in funzione svariati sistemi di *telegrafia delle immagini*, ma le parti essenziali sono tutte pressochè uguali. D'altronde, i diversi sistemi possono funzionare anche in collegamento tra loro. Vediamo un po' il sistema che è più usato in Svizzera, inventato dal francese Edouard Belin. Ne spiegheremo le caratteristiche essenziali con l'aiuto della figura schematica N. 4. L'*immagine da trasmettere* viene fissata a un *cilindro* del diametro di 66 mm, lungo 130 mm. Un *raggio di luce*, proveniente da una *sorgente luminosa A*, viene raccolto da una *lente convergente* e proiettato sul *cilindro*. Questo punto luminoso deve esplorare tutta l'immagine. Il mezzo più semplice consiste *nel far ruotare il cilindro, spostandolo contemporaneamente in senso longitudinale*. Ne risulta quindi un *movimento a vite*.

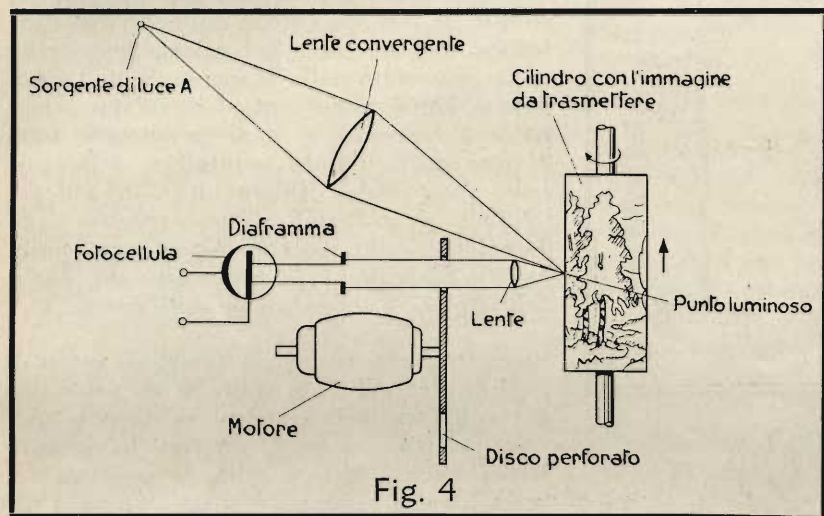
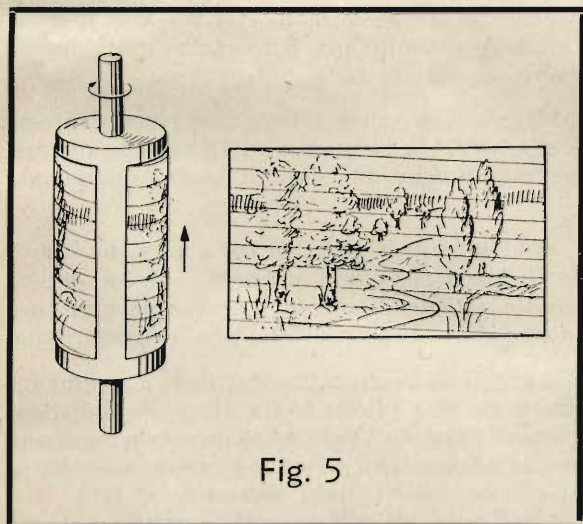



Fig. 4

Nella fig. 5 è indicata la traiettoria del punto luminoso sull'immagine; come si vede, l'esplorazione avviene successivamente, linea per linea. È ovvio che l'immagine trasmessa risulterà tanto più fedele all'originale, quanto maggiore sarà, per unità di lunghezza, il numero delle linee, nelle quali verrà scomposta l'immagine. In pratica bastano *4 o 5 linee per millimetro* per ottenere una sufficiente finezza della riproduzione.

Fig. 5

Prima abbiamo parlato di *punti*, mentre ora otteniamo delle *linee*. Però, se voi seguite il cammino dei raggi luminosi nella fig. 4, vedrete che, dopo una *seconda lente*, si trova un *disco perforato*. Esso è messo in rotazione da un *motorino*. Dietro al disco si trova la *cellula fotoelettrica*, contenuta in una *camera oscura* con una piccola *apertura*. Il *raggio luminoso* rimane *interrotto periodicamente* per un breve tempo dal *disco ruotante*; in tal modo le *linee* sono *suddivise in punti*.

L'immagine viene quindi ripresa dalla fotocellula per punti.

Gli *impulsi di tensione*, provocati nella resistenza *R* (fig. 3) dagli impulsi della *corrente fotoelettrica*, corrispondono ai *singoli punti dell'immagine*; poichè sono molto deboli, essi vanno successivamente *amplificati*.

Aggiungiamo alcune altre informazioni degne di nota. La *velocità di rotazione* del *cilindro* è relativamente *lenta*, poichè corrisponde a *un giro al secondo*. Pertanto (vedasi fig. 5) il dispositivo esplora, *ogni minuto secondo, una linea*. Il *disco* ruotante, da parte sua, produce *1000 impulsi luminosi o punti al secondo*. Dovendo trasmettere, per esempio, un'immagine del formato di 180 × 130 mm (il contorno del cilindro è di circa 200 mm) e supposto che si lavori con la spaziatura di *5 linee al millimetro*, si ottengono 130 × 5 = *650 linee*. Poichè l'esplorazione di ciascuna linea richiede il tempo di un secondo, la suddivisione dell'immagine dura *650 secondi*, ossia quasi *11 minuti*. Ci ricorderemo di questo dato, quando tratteremo della *televisione*, poichè esso ci permetterà di fare degli importanti raffronti e di trarne le giuste deduzioni.

Prima di descrivere la *trasmissione dell'immagine esplorata*, che, come una comunicazione telefonica, può avvenire, in via di principio, *tanto su un filo, quanto per via radio*, vediamo come avviene la ricomposizione dell'immagine nella stazione ricevente.

La ricomposizione dell'immagine

Consideriamo ora il procedimento inverso a quello che ha luogo nel trasmettitore. Si tratta della *trasformazione in luce* degli *impulsi di tensione amplificati*. I *dispositivi ottici* occorrenti sono semplicemente simbolizzati da alcune *lenti*, come nella parte trasmittente. Anche qui abbiamo un *sottile raggio di luce*, proveniente da una *sorgente luminosa* e raccolto attraverso *lenti* e *diaframmi*.

Fig. 6

Questo raggio va a colpire uno *specchietto mobile M*. Lo *specchio* è collegato con una *bobina mobile*, come nel galvanometro, che avete conosciuto nella Dispensa N. 8. La *bobina* è immersa nel campo di un *forte magnete permanente* e viene percorsa e fatta deviare dagli impulsi amplificati della *corrente fotoelettrica*. Questo dispositivo è denominato « *oscillografo elettromagnetico* ». *La deviazione dello specchio è tanto più forte, quanto maggiore è la luminosità del punto dell'immagine trasmesso in quell'istante.*

Successivamente il *raggio* luminoso incontra il *filtro grigio A-C*. Si tratta di un *prisma di vetro*, nel quale la trasparenza dipende dallo spessore. Presso lo spigolo *A* del *prisma* si ha la *massima trasparenza*; andando verso *C* aumenta lo spessore del vetro e quindi diminuisce la trasparenza. Quando la *corrente fotoelettrica* è forte e si ha la *massima deviazione dello specchio*, il *raggio* cade sullo spigolo *A*. In questo modo i raggi luminosi risultano, dopo il filtro, più o meno attenuati, secondo la deviazione dello *specchio*. Il *sistema Belin* impiega dunque una *sorgente di luce d'intensità costante* e realizza le variazioni di luminosità per mezzo dello *specchio mobile* e del *filtro a trasparenza progressiva*. Dopo la successiva *lente convergente*, abbiamo quindi un *raggio luminoso modulato nell'intensità*, il quale ci deve servire per riprodurre l'immagine trasmessa.

Mediante un altro *diaframma* ed un'*altra lente convergente*, il *raggio* viene diretto sul *cilindro ricevente*, identico naturalmente, nelle dimensioni, a quello trasmittente. Da quanto abbiamo spiegato è chiaro che il *cilindro ricevente* deve ruotare e spostarsi nell'identica maniera del *cilindro trasmittente*. Ritroviamo qui l'importante esigenza che già conoscete dalle telescriventi: il *sincronismo*.

Sul *cilindro ricevente* si applica della *carta sensibile*, ossia una *pellicola fotografica* sulla quale resta impressa l'intensità del raggio luminoso che la colpisce. Con lo *sviluppo* della pellicola ha termine l'operazione di trasmissione dell'immagine. Naturalmente il sistema consente di fare un numero qualsiasi di copie, utilizzando la negativa fotografica.

La *perfezione dell'immagine* riprodotta dipende, in primo luogo, dal *numero di punti* in cui essa viene suddivisa. Più il retino è fine e meglio risultano le sfumature e i piccoli particolari dell'immagine. Molto importante è anche il *filtro*, dal quale dipende se gli impulsi della *corrente fotoelettrica* sono ritrasformati in luce con fedeltà. Sono possibili anche *errori* e *difetti nelle lenti*, ma queste sono dispositivi che non ci riguardano.

Dobbiamo invece rivolgere la nostra attenzione al *sincronismo*. Gli *errori di sincronismo* mettono a soqquadro tutta l'immagine. Se, per esempio, il cilindro della stazione trasmittente gira più in fretta di quello della stazione ricevente, le linee non hanno termine nel punto giusto e i punti adiacenti dell'immagine primitiva non risultano quindi allineati l'uno sotto l'altro. Il comando del *motore* d'azionamento è quindi piuttosto complicato, in modo da assicurare il *sincronismo*. Senza entrare nei dettagli costruttivi, basti accennare al fatto che, per mantenere costante la *frequenza d'alimentazione* del motore, si impiegano dei *diàpason*. Il *diàpason* è quella *specie di forcella metallica* che, percossa, emette una determinata nota e serve normalmente agli accordatori di pianoforte. L'utilità, per questi scopi, dei *diapason*, come quella dei quarzi oscillanti, è fondata sull'enorme *stabilità della frequenza di oscillazioni meccaniche*. I buoni *diapason* non danno deviazioni superiori al 10^{-6}; ciò significa, per esempio, che la frequenza di 1000 Hz è tenuta costante a meno $10^{-3} = 0{,}001$ Hz. Per assicurare inoltre che le *linee* abbiano *inizio nel punto giusto*, si trasmettono dei *segnali di sincronismo*. Questi sbloccano, per effetto magnetico, un *arresto* che interviene ad ogni linea; in tal modo la rotazione del *ricevitore* risulta sempre *sincrona e in fase* con la rotazione del *trasmettitore*.

Il dispositivo ora descritto consente senz'altro di trasmettere le immagini in modo ineccepibile *attraverso linee*. Le caratteristiche delle linee non possono variare nel tempo di circa 11 minuti, occorrente per la trasmissione di un'immagine; pertanto la modulazione della luminosità non viene falsata.

La trasmissione senza fili delle immagini

Come l'impiego delle normali telescriventi, così anche *la trasmissione delle immagini col sistema testè descritto non è effettuabile, in pratica, per via radio.*

Comprenderete certamente come mai non sia possibile usare le *correnti fotoelettriche* per modulare un'onda portante ad alta frequenza. La trasmissione di un'immagine dura circa 11 minuti. Durante questo periodo non dovrebbe avvenire alcun *fenomeno d'evanescenza* (*fading*), poichè ciò determinerebbe delle variazioni supplementari dell'intensità luminosa. Bisogna ricorrere quindi a un sistema di modulazione che sia indipendente dall'ampiezza delle oscillazioni.

La modulazione di tempo

Questo procedimento è stato ideato da Edouard Belin. *Gli impulsi fotoelettrici di intensità differente vengono tramutati in modo, che l'ampiezza rimanga costante, ma varii invece, in funzione dell'intensità della corrente fotoelettrica e quindi della luminosità, il tempo, ossia la durata degli impulsi stessi.*

Fig. 7

La fig. 7 illustra come avviene questa trasformazione. Gli impulsi più forti corrispondono ai segnali più prolungati.

Il procedimento si inizia sempre con l'esplorazione dell'immagine e la trasformazione dell'intensità luminosa in correnti elettriche, come abbiamo visto prima. La *corrente fotoelettrica* viene ora applicata ad un *oscillografo elettromagnetico*, come quello descritto per il ricevitore, e provoca la deviazione dello *specchietto* (fig. 8). Il *raggio riflesso* dallo specchio va a colpire un *disco ruotante* dotato di *fenditure radiali rettangolari*, di larghezza costante. Segue una *lente*, che converge il *raggio* luminoso su una *cellula fotoelettrica*. Il trucco del congegno consiste nel fatto che *la velocità di rotazione del disco è minore al centro e maggiore alla periferia*. Quindi, *se il raggio luminoso cade sul disco nel punto A, esso passa attraverso la fenditura per un tempo più lungo, che non quando cade nel punto B. Lo spostamento del raggio da A a B dipende dalla posizione dello specchio e quindi dall'intensità della corrente fotoelettrica ottenuta nell'esplorazione*. In tal modo è possibile realizzare l'effetto voluto, indicato dalla fig. 7.

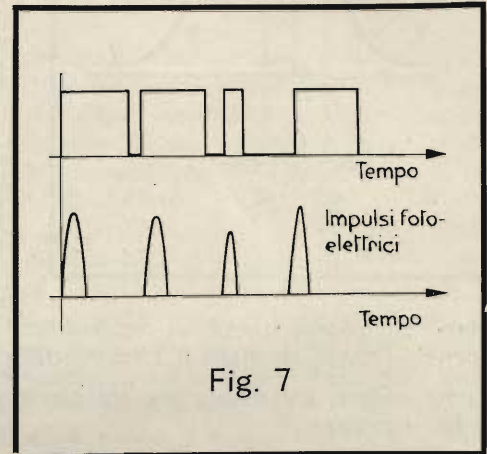
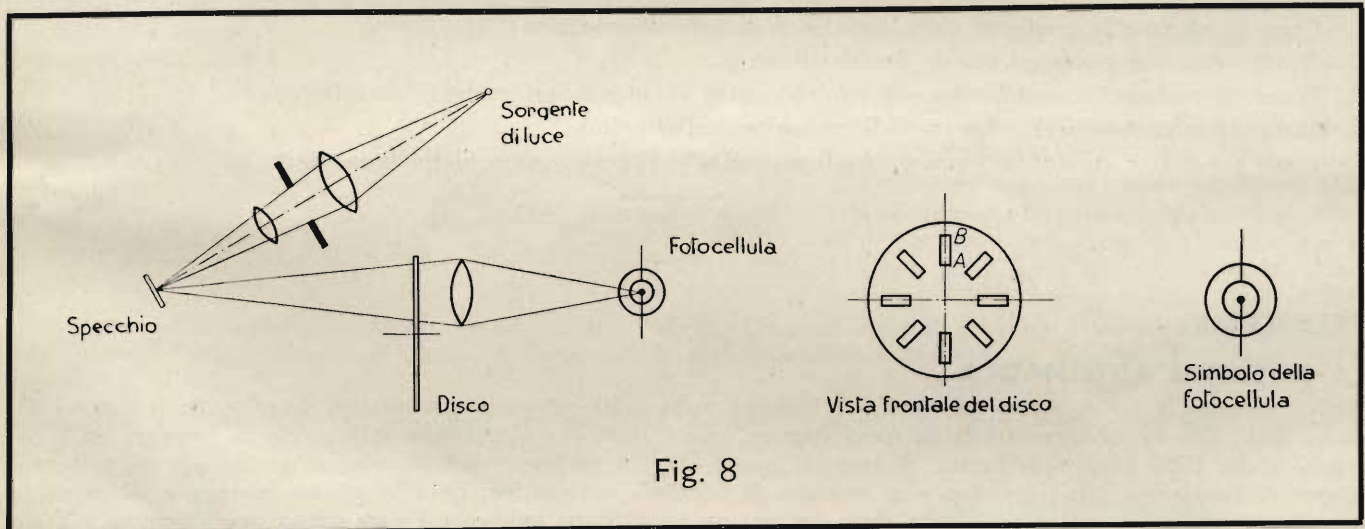
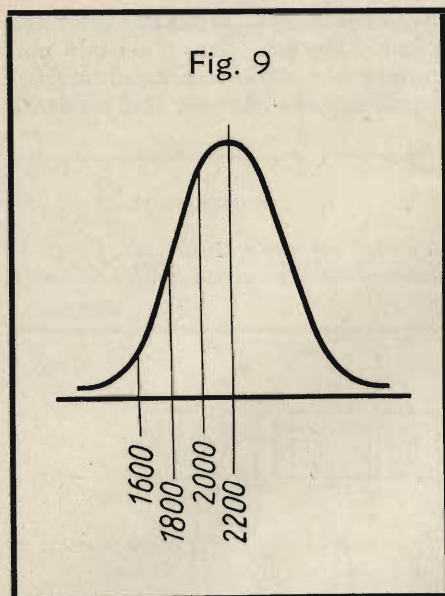



Fig. 8

E che cosa si ottiene con questa speciale modulazione? *Le variazioni d'ampiezza dell'onda portante non possono più disturbare la giusta distribuzione dei chiaroscuri, poichè la luminosità non dipende dall'ampiezza, ma unicamente dalla lunghezza degli impulsi.*

Un'altra possibilità è quella di realizzare una *specie di semplice modulazione di frequenza*. Ciò significa che *la frequenza può variare attorno a un valore medio; lo scostamento da tale valore determina la luminosità del punto dell'immagine considerato*. Per esempio, si fa corrispondere ad una *luminosità media* la frequenza di 1800 Hz. I *punti oscuri* sono rappresentati dalla frequenza di 1 600 Hz, mentre il *bianco perfetto* corrisponde a 2000 Hz.

Accenneremo brevemente al metodo che consente questa *tramutazione della luminosità* in *variazione di frequenza*. La suddivisione dell'immagine in una successione di impulsi di corrente avviene per mezzo di una *fotocellula*, come sopra descritto. Le *correnti fotoelettriche* vengono *amplificate* e servono a spostare, secondo la loro intensità, il *nucleo ferromagnetico* della bobina di un *circuito oscillante*. Esse vengono inviate in un *avvolgimento ausiliario* e, quando sono più forti, fanno uscire maggiormente il *nucleo di ferro* dalla bobina del *circuito oscillante*. Ne deriva una diminuzione dell'induttanza e, di conseguenza, secondo la formula di Thomson (40), una *frequenza più elevata*. In base ai valori indicati più sopra, la *frequenza del circuito di risonanza*, inserito nel circuito anodico di una valvola, deve essere, per una *luminosità media*, uguale a *1800 Hz*.

In via di principio si può impiegare lo schema della fig. 18 della Dispensa N. 17. Trattandosi anche qui di produrre un'*oscillazione*, come in qualsiasi radiotrasmettitore. Soltanto che *i valori dell'induttanza e della capacità* devono essere *molto più elevati*, date le basse frequenze in gioco. L'onda portante, usata per l'esercizio senza fili, viene ora modulata con la *BF* variabile, secondo la luminosità. In tal modo la luminosità, che distingue ciascun punto dell'immagine, dipende unicamente dalla frequenza di modulazione; le eventuali variazioni di ampiezza, che intervengono per effetto di *fading*, non arrecano più alcun disturbo.

Nel *ricevitore* bisogna ritrasformare le *variazioni di frequenza* in *variazioni di corrente* e quindi in *valori di luminosità*. La *BF* variabile può essere ricavata senza difficoltà dall'*AF* modulata impiegata per la radiotrasmissione; il sistema è identico a quello applicato nei *radioricevitori a demodulazione diretta*. Nel successivo stadio di amplificazione bisogna poi provvedere alla limitazione dell'ampiezza delle oscillazioni. Per ottenere la demodulazione senza rischio di errori, bisogna che le ampiezze delle frequenze che qui interessano, comprese cioè tra 1600 e 2000 Hz, siano tutte uguali. Le oscillazioni di frequenza variabile, ma di ampiezza costante, così ottenute, si adducono ora a un semplice *circuito oscillante* accordato, per esempio, su 2200 Hz. Come si vede nella fig. 9, aumentando la frequenza, si ottengono nel *circuito oscillante* ampiezze maggiori. Si procede quindi al *raddrizzamento* di queste correnti alternate, ottenendo la medesima variazione di corrente che è risultata nel trasmettitore.

Come vedete, con una certa abilità, è possibile evitare le difficoltà e ottenere una riproduzione ineccepibile delle immagini.

Domande

1. Come si effettua la trasformazione della luce in corrente elettrica?
2. Di che cosa è costituito il catodo fotoelettrico?
3. Come si realizza la suddivisione di un'immagine in impulsi di corrente fotoelettrica?
4. Come si ottengono i chiaroscuri dell'immagine nel ricevitore?
5. Quali sistemi di modulazione sono applicati nella radiotrasmissione delle immagini?

TELEFONIA

LA SELEZIONE AUTOMATICA

Nella Dispensa N. 19 ci siamo occupati per l'ultima volta della *selezione automatica*, descrivendo il *sistema rotativo Bell*. Ora ci occuperemo di un terzo sistema, che è stato completamente sviluppato in Svizzera ed è costruito dalla Ditta Hasler di Berna. Si troverà strano che, in un paese così piccolo, si sia riscontrata la convenienza di studiare e introdurre un terzo sistema di telefonia automatica, quando già ne esistevano ed erano in uso due, portati sul mercato da due ditte importantissime, l'una tedesca e l'altra americana (Siemens e Standard-Bell). Fatto sta che ciascun sistema presenta i suoi vantaggi, cosicchè non si può dare ad alcuno l'assoluta preferenza. Descriviamo il *sistema Hasler* per ultimo, perchè la spiegazione delle varie sue parti e del loro funzionamento risulta un po' più complicata che per il *sistema rotativo*.

Nei primi due sistemi abbiamo conosciuto molti organi d'importanza fondamentale, che si ripetono anche nel sistema Hasler con piccole modifiche. Faremo quindi una descrizione particolareggiata soltanto delle novità di questo sistema.

Il sistema della S.A. Hasler di Berna

Si tratta di un *sistema indiretto*. Ciò significa che gli *impulsi emessi dal disco combinatore non vanno ad azionare direttamente i selettori*. Troveremo quindi un *registratore*, che riceve gli impulsi e comanda i selettori.

La marcatura

L'idea nuova del *sistema Hasler* è la *marcatura*. Vi spiegheremo subito di che si tratti. Nei sistemi descritti finora i selettori, che realizzano il collegamento, vengono portati, a passo a passo, fino alla posizione richiesta. Ciò avviene o *direttamente*, o tramite il *registratore*. Nei *selettori a cento posti* del *sistema Hasler*, le lamelle di contatto, appartenenti al collegamento richiesto, vengono *marcate* per mezzo di una *tensione determinata*. I *selettori* ruotano, finchè incontrano la *posizione marcata*, nella quale si arrestano. Per questa ragione i *selettori* sono chiamati qui « *cercatori* ». Gli impianti Hasler necessitano perciò di *speciali circuiti di marcatura*. La parte principale di questi è costituita dai *marcatori*, che sono dei piccoli *selettori a rotazione*, i quali, pur senza effettuare il collegamento vero e proprio, *contrassegnano l'attacco richiesto*.

Il cercatore Hasler a 100 posti

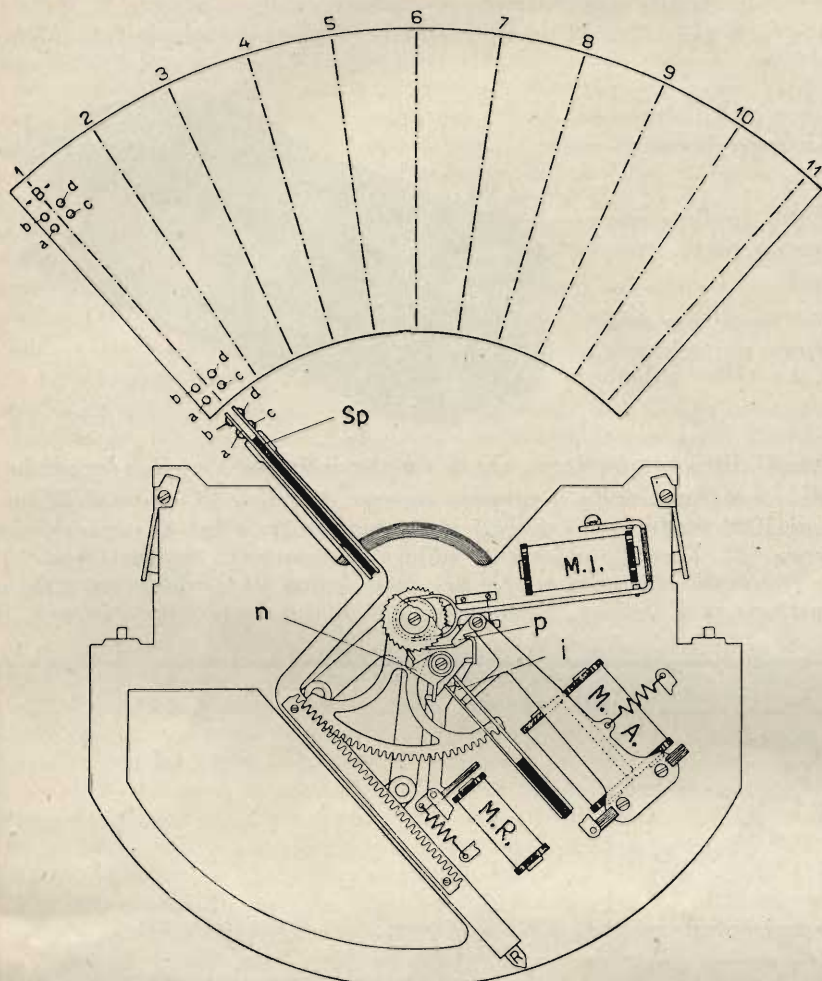



Fig. 10

Prima di proseguire nell'esame dei principi su cui si basa il funzionamento di un impianto completo, osserviamo in dettaglio il *cercatore a 100 posti Hasler* (dell'anno 1931), servendoci della fig. 10. Come i *selettori Siemens*, così i *cercatori Hasler* sono azionati individualmente. Invece *la disposizione dei 100 posti d'attacco è differente.* Il *banco dei contratti* non si trova sulla superficie di un *cilindro*, come nei due sistemi già considerati, ma in un piano.

Il *cercatore* compie *due movimenti diversi*: dapprima una *rotazione*, quindi uno *spostamento longitudinale.* Quest'ultimo movimento è una specie di *scorrimento della spazzola*, che va a *tuffarsi* tra le lamelle di contatto.

Entrambi i movimenti sono provocati dallo stesso *magnete d'azionamento M.A*, che attua dapprima la *rotazione* mediante il *puntone p.* Il *contatto di interruzione i* fa sì che, dopo ogni passo, il *puntone* ritorni ad innestarsi in un altro dente della ruota. Terminata la prima serie di impulsi, entra in azione il *magnete d'innesto M.I.*

Il movimento rotativo viene disinnestato ed entra in funzione il *settore dentato* che, ingranando nell'*asta a cremagliera*, provoca lo spostamento rettilineo in avanti della *spazzola sp.* Come vedete dalla figura, la *spazzola* chiude 4 *contatti* (*a*, *b*, *c*, *d*), non più soltanto tre, come nel *sistema Siemens.*

I contatti *a* e *b* collegano le normali linee di conversazione, *c* serve, al solito, per la *prova* della linea libera. Il contatto *d* occorre, in un primo tempo, nella ricerca dell'utente chiamato. Attraverso questo contatto, infatti, vengono inoltrati gli impulsi ai *circuiti di marcatura.* Quando l'utente chiamato solleva il ricevitore, il conteggio della conversazione avviene pure attraverso il contatto *d*.

Quando, al termine della conversazione, gli utenti riappendono i ricevitori, viene eccitato il *magnete di ripri-*

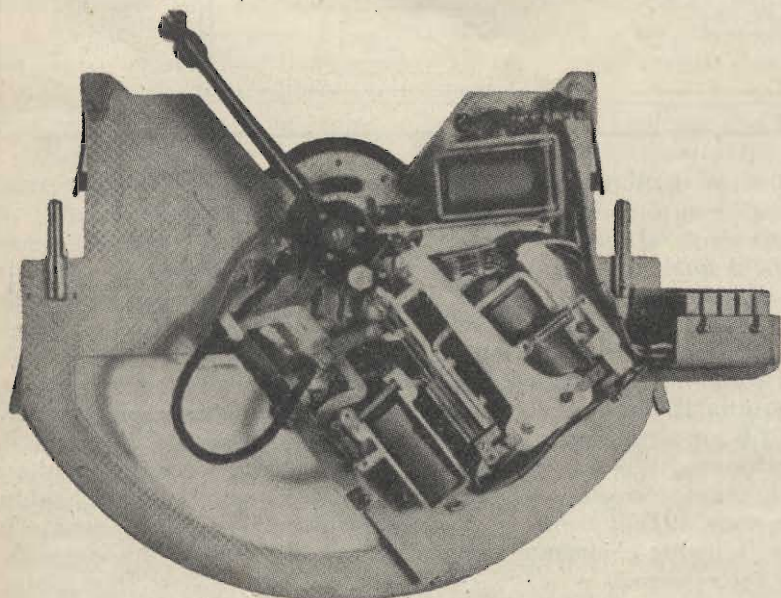
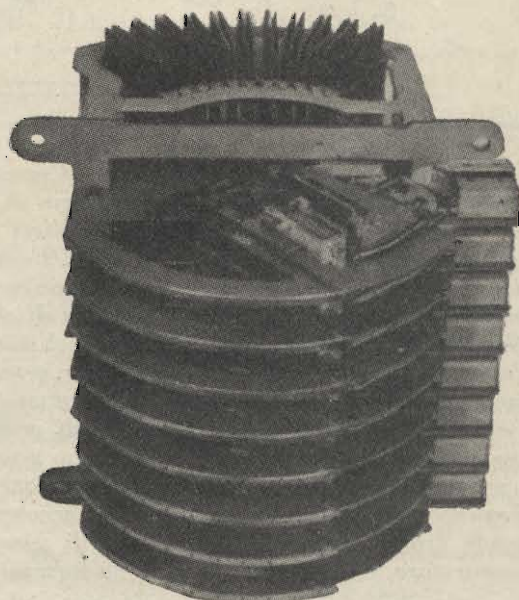



Fig. 11 Fig. 12

stino M.R. Esso sblocca i *nottolini d'arresto n*, che impedivano il ritorno della *spazzola*; di conseguenza questa ritorna nella posizione iniziale per effetto delle molle di richiamo.

I *cercatori a 100 posti* (fig. 11) vengono uniti a 8 per volta in un unico telaio, e costituiscono un cosiddetto « *cestello* » (fig. 12).

I marcatori

Gli *speciali commutatori* usati come *marcatori sono* di costruzione assai semplice.

Nella fig. 13 si riconosce il *tamburo di contatto* (nella parte anteriore del marcatore) che, ruotando a passo a passo, consente di eseguire i collegamenti necessari.

Per tutti i *marcatori* e *selettori di registratore* basta *una sola corona di dieci contatti*, non tre o quattro come nei selettori e cercatori normali.

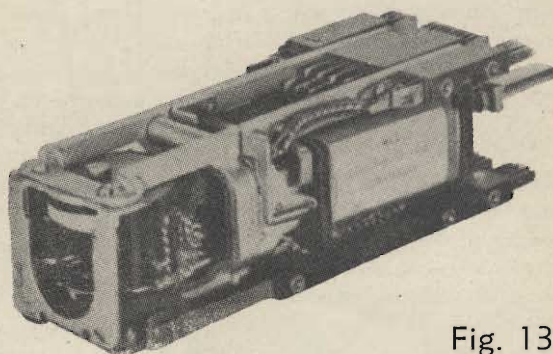



Fig. 13

Formazione del collegamento

Naturalmente, anche nel *sistema Hasler* occorre il *disco combinatore*, che permette di formare le cifre decadiche. Nella fig. 14 è rappresentata schematicamente, cioè trascurando il numero enorme di *relè* e di *contatti*, la formazione di un collegamento in un impianto di 1000 utenti, ove i numeri sono quindi a tre cifre. Si suppone che l'utente numero 621 voglia parlare col numero 622. L'utente chiamante solleva il ricevitore; contrariamente al *sistema Bell*, i 7 o 8 *cercatori di chiamata a 100 posti*, che contengono nel loro *banco di contatti* un attacco proveniente dall'utente chiamante, *non si mettono in rotazione*. Frammezzo c'è infatti un piccolo *selettore*, il

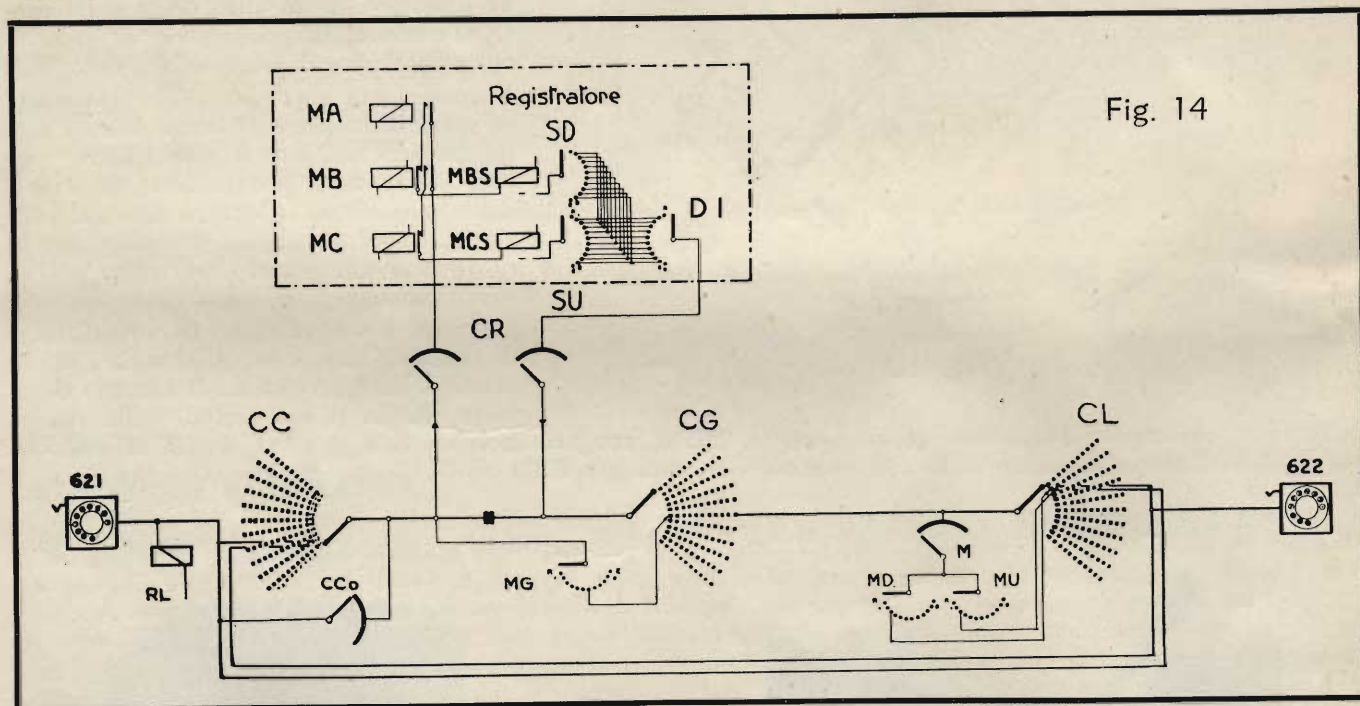



Fig. 14

cosiddetto « *cercatore di cordone* ». Come abbiamo detto, si impiegano dei *cercatori di chiamata a 100 posti*, che abbracciano 100 utenti. Per ognuno di questi gruppi di utenti è messo a disposizione *un solo cercatore di cordone*, che è un piccolo *selettore a dieci posti*, simile al *preselettore* del *sistema Siemens*. Quando l'utente solleva il ricevitore, si eccita il *relè di linea RL*, il quale mette in rotazione il *cercatore di cordone CCo*. I sette o otto *cercatori di chiamata* del gruppo sono allacciati alle uscite del *CCo*. Questo si ferma automaticamente, in corrispondenza del primo *cercatore di chiamata* libero che incontri; il *cercatore di chiamata CC* inizia la rotazione, andando in cerca dell'utente chiamante, contraddistinto dal fatto che è eccitato il relativo *relè di linea*. Con ciò è terminato il compito del *cercatore di cordone*, che rimane subito disponibile per altre operazioni, mentre il *cercatore di chiamata* è occupato per tutta la durata della conversazione. Contemporaneamente al *CC* viene impegnato anche un *cercatore di gruppo CG*, occorrente per il proseguimento del circuito. C'è poi un altro organo messo pure per breve tempo a disposizione dell'utente chiamante: il *registratore*, inserito anch'esso per opera di un piccolo *selettore a rotazione CR*. Questo *cercatore di registratore CR* si mette in moto, subito dopo la fermata del *CC*, col quale è accoppiato come il *CG*; trova un *registratore* disponibile, lo occupa e lo rende pronto a ricevere gli impulsi di selezione. L'utente chiamante riceve il segnale di centrale, trasmesso dal *registratore*, e sa di poter iniziare la formazione del numero.

Il *registratore*, del quale sono disegnati solo pochi *relè* e *selettori*, *raccoglie gli impulsi*. Nello schema della figura 14 la prima cifra, cioè il 6, non viene registrata, poichè il *cercatore di gruppo* si trova già a disposizione.

Avendo i *cercatori di linea* soltanto 100 attacchi, occorrono, anche nel *sistema Hasler*, i *cercatori di gruppo*, ma quando il numero degli utenti non supera il migliaio, ne basta un ordine solo. Pertanto la prima serie di impulsi agisce sull'*apposito marcatore MG*. Si tratta di un piccolo *selettore* che, a seguito dei 6 impulsi, va a disporsi sul *sesto contatto*. Con ciò viene applicata una *tensione caratteristica* al *sesto passo di rotazione del cercatore di gruppo, il quale non può così superare tale posizione*. Appena essa è raggiunta, agisce il *magnete d'innesto* del *CG* e la *spazzola* si infila nel *banco dei contatti*, ove sono allacciati tutti i *cercatori di linea* che servono gli utenti dei numeri dal 600 al 699. Il primo *cercatore di linea*, incontrato libero, viene subito occupato e risponde alle ultime due cifre del numero (22 di 622). La seconda e la terza cifra sono raccolte dal *registratore* anche se il *CG* non è ancora nella posizione definitiva. La seconda cifra aziona il *selettore delle decine SD* per mezzo del *relè MB* e del *magnete di rotazione MBS*. Nel nostro esempio, il *selettore* fa 2 passi. L'utente chiamante procede nella formazione del numero; avviene una commutazione nel *registratore*, per la quale, attraverso al *relè MC* ed al *magnete MCS*, viene ora azionato il *selettore delle unità SU*. Anche questo compie due passi, e così il numero dell'utente chiamato è immagazzinato nel *registratore*.

Nell'istante stesso in cui il *cercatore di gruppo* ha trovato un *cercatore di linea* libero, viene messo in funzione un *cercatore-marcatore M*. Questo cerca il *CL* occupato, collegandolo col *registratore* e coi *marcatori MD* e *MU*. Anche il *cercatore-marcatore* è un piccolo *selettore decadico a rotazione*; esso possiede però *diverse corone di contatti*, dato il numero maggiore di circuiti da commutare. Viene ora una parte interessante: il *comando dei marcatori* da parte del *registratore*. Serve a ciò il cosiddetto *datore d'impulsi DI* contenuto nel *registratore*. Anch'esso non è altro che un piccolo *selettore a rotazione, a 10 passi*, corrispondenti alle 10 cifre. Non appena il *cercatore-marcatore* ha designato il *CL* libero ed allacciato il *circuito di marcatura*, ha inizio la rotazione del *datore di impulsi*. Come risulta dallo schema di principio, le uscite dei *selettori* nel *registratore* e quelle del *datore di impulsi* sono collegate tra loro.

Come abbiamo visto, all'emissione della seconda cifra si mette in funzione il *selettore delle decine SD*, il quale va a disporsi sul secondo contatto (622), applicando ad esso la *tensione caratteristica*. Il *datore d'impulsi* inizia la rotazione ed emette ad ogni passo un impulso, che va ad azionare il *marcatore delle decine MD*. Quando arriva al contatto contrassegnato dalla *tensione caratteristica*, il *datore di impulsi* si ferma. In tal modo la posizione del *selettore SD* viene ripetuta dal marcatore *MD*. Segue una breve pausa, durante la quale il *datore di impulsi* ritorna nella posizione di partenza, mentre avviene l'azionamento del *selettore delle unità SU*, che va a disporsi sul secondo contatto (622). Anche nel *circuito di marcatura* è avvenuta, nel contempo, la commutazione dal marcatore delle decine *MD* a quello delle unità *MU*. Il *datore di impulsi* esplora quindi la posizione del selettore *SU*, emettendo due impulsi che vanno a comandare *MU*. Quando entrambi i *marcatori* sono in posizione, si mette in moto il cercatore di linea *CL*, il quale automaticamente si porta sul contatto corrispondente all'utente chiamato, essendo tale contatto marcato dalla posizione dei due *marcatori*. Il *marcatore delle decine* provoca infatti l'arresto della rotazione del *CL* dopo il secondo passo. Successivamente, il *marcatore delle unità* fa sì che lo spostamento longitudinale della *spazzola* abbia termine al contatto voluto. A questo punto, il collegamento tra gli utenti 621 e 622 è realizzato; il *registratore* e i *marcatori* hanno pertanto assolto il loro compito e si distaccano quindi dal collegamento per mettersi a disposizione di altri utenti chiamanti. Tutti questi dispositivi come i *registratori*, i *marcatori*, i *selettori-marcatori*, che rendono l'impianto apparentemente così complicato, occorrono soltanto in piccolo numero. *La formazione del collegamento dura generalmente solo pochi secondi*; per questa ragione, per un insieme di 8 *CC*, 8 *CG* e 8 *CL*, non si impiegano che 2 o 3 *registratori* e *circuiti di marcatura*.

Voi chiederete forse a che servono tante ripetizioni degli impulsi di chiamata, attraverso il disco combinatore, i selettori del registratore, i marcatori ed infine gli effettivi organi di collegamento. La ragione principale è che *i piccoli selettori, dotati di un solo banco di contatti, funzionano altrettanto facilmente di un comune relè, mentre risparmiano l'impiego di vari relè commutatori*. Inoltre abbiamo i medesimi vantaggi del *registratore*, che abbiamo già illustrato per il *sistema rotativo Bell*. Qui però questi vantaggi non si ottengono con l'aiuto di relè, ma mediante *selettori*.

A ciò si aggiunga che le *centrali Hasler* sono spesso impiegate nelle *reti rurali*, generalmente assai più estese di quelle urbane. Per le maggiori lunghezze delle linee di collegamento con gli utenti, gli impulsi di chiamata pervengono sovente alla centrale alquanto deformati. Questo fatto, come pure eventuali inesattezze nella rotazione del disco combinatore, potrebbero provocare dei disturbi. Tale possibilità è molto ridotta, quando gli impulsi del disco combinatore non vanno ad azionare direttamente i *selettori principali*, ma solamente i piccoli *selettori di registratore*, che rispondono più rapidamente e sicuramente.

Appena realizzato il collegamento con l'utente 622, viene applicata alla linea la *corrente alternata di chiamata*, come negli altri sistemi. La *suoneria* viene azionata ogni cinque secondi, finchè l'utente chiamato solleva il ricevitore. In questo istante comincia a fluire nella linea la *corrente d'alimentazione*, la quale, attraverso un *relè*, provoca il distacco della *corrente di chiamata*.

Contemporaneamente il *contatore telefonico* registra la conversazione avvenuta, naturalmente tassando il solo utente chiamante. Al termine della conversazione, il collegamento si annulla, non appena l'utente chiamante ha riappeso il ricevitore. Il *relè di linea* non è più percorso da corrente e pertanto il *cercatore di chiamata* ritorna nella posizione di riposo. Nello stesso tempo vengono azionati i *magneti di ripristino* dei *CG* e *CL*. Tutti i *relè* si diseccitano e il collegamento è completamente annullato.

Nel caso che l'utente chiamato risulti occupato, il collegamento iniziato viene subito annullato. Il *registratore* ed i *marcatori* si distaccano, infatti, subito dopo la messa in posizione del *cercatore di linea*. Se questo incontra però una *linea occupata*, tanto il *cercatore di gruppo* che *quello di linea* si distaccano, mettendosi a disposizione di altri utenti. L'utente chiamante riceve da questo momento il segnale di *occupato*, che equivale

ad un invito a riappendere il ricevitore. Non appena ciò avviene, si libera anche il *cercatore di chiamata*, come abbiamo spiegato più sopra, e il collegamento si annulla completamente, senza che in questo caso la comunicazione venga tassata.

Da quanto abbiamo spiegato in precedenza è ovvio che, per ampliare la centrale fino a 10 000 utenti, occorre inserire un *secondo cercatore di gruppo* (*II CG*). In questo caso bisogna predisporre il *registratore* in modo che possa accogliere *tre cifre*. Il *II CG* è inoltre servito da un *marcatore semplice*. L'intiero sistema è fondato su una *base decadica*, come il *sistema Siemens*. Il *registratore* non compie alcuna trasformazione numerica, contrariamente a quanto avviene nel *sistema Bell* per i selettori più grandi.

Terminiamo così la descrizione delle singole centrali telefoniche. In seguito esamineremo anche come avviene il funzionamento in collegamento tra centrali di differenti sistemi. Tale esigenza è divenuta indispensabile, dal momento che si sta introducendo anche nelle reti italiane la *chiamata celere*, che ora consente, almeno per le località viciniori, di formare direttamente il numero dell'utente chiamato anche nei collegamenti interurbani, senza necessità di richiedere lo smistamento manuale. Nella Svizzera, ove tale perfezionamento è ormai largamente diffuso, è oggi possibile, in pratica, telefonare automaticamente a qualsiasi località, come se tutto il paese costituisse una sola centrale automatica.

Domande

1. Che tipo di sistema automatico è quello sviluppato dalla Ditta Hasler di Berna?
2. Quali sono gli organi d'azionamento del cercatore Hasler?
3. Qual è la caratteristica più saliente del sistema Hasler?
4. Quanti sono i marcatori che dirigono il cercatore di linea?

Risposte alle domande di pag. 6

1. La trasformazione della luce in corrente elettrica avviene per mezzo della fotocellula.
2. Il catodo fotoelettrico è costituito da una piastrina d'argento coperta da un sottile strato di cesio.
3. La scomposizione dell'immagine in impulsi fotoelettrici si effettua, proiettando un raggio luminoso convergente su un tamburo ricoperto con l'immagine da trasmettere. Grazie al movimento elicoidale del tamburo, il raggio va a colpire successivamente ciascun punto dell'immagine. Il raggio riflesso dall'immagine attenuato più o meno, secondo la luminosità dei singoli punti, viene guidato su una fotocellula, nella quale subisce la trasformazione desiderata.
4. La variazione della luminosità nel ricevitore si ottiene, deviando il raggio luminoso mediante uno specchio oscillografico e attenuando il raggio con un filtro di vetro, in misura maggiore o minore, secondo il punto nel quale il raggio va a cadere, per la maggiore o minore deviazione dello specchio.
5. Nella trasmissione senza fili delle immagini si impiega la modulazione di tempo, oppure una specie di modulazione di frequenza semplificata.

RADIOTECNICA

IL RADDRIZZATORE A SECCO

Nel Capitolo sulla *telefonia a frequenze vettrici* abbiamo accennato ai *raddrizzatori a secco*, che servono per costruire i *modulatori ad anello*. In quel caso abbiamo una *modulazione o spostamento di frequenza*; gli identici elementi si utilizzano, però, anche semplicemente *per raddrizzare la corrente alternata*. Anche negli *apparecchi radio* si impiegano oggi in misura crescente i *raddrizzatori a secco* in luogo delle valvole raddrizzatrici. Il *vantaggio* enorme di questi raddrizzatori, rispetto alle valvole, è quello di *non richiedere l'accensione*; ne consegue pertanto una maggiore facilità nell'uso.

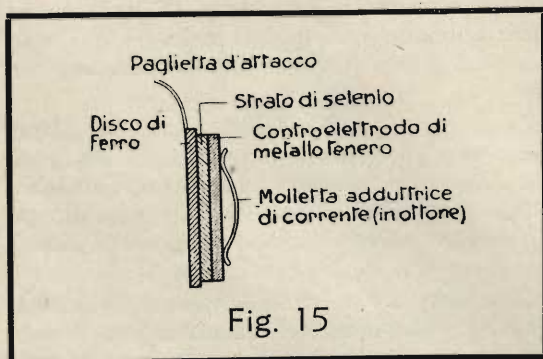



Fig. 15

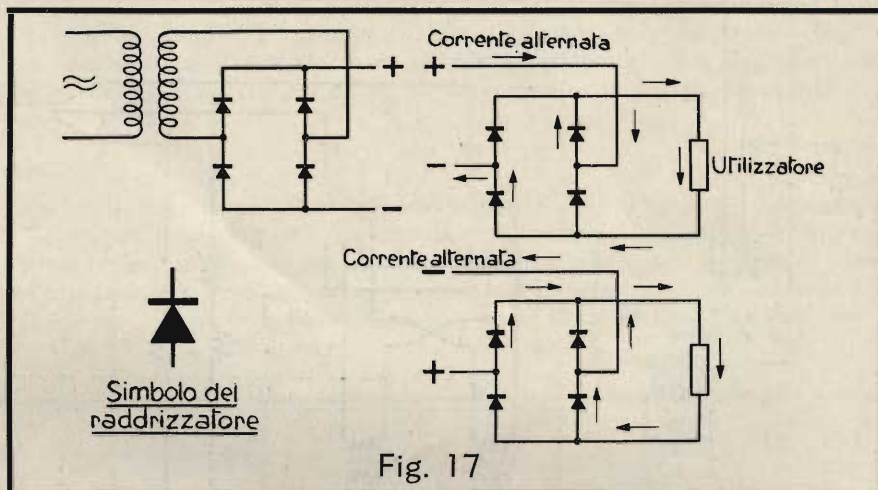
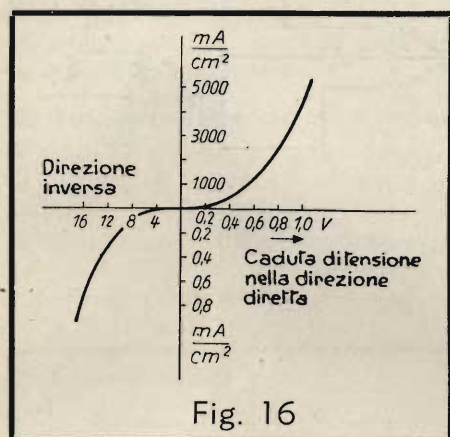
Il tipo oggi più impiegato è quello del *raddrizzatore a ferro e selenio* (più brevemente detto « *raddrizzatore al selenio* »), di cui esamineremo più dettagliatamente la struttura ed il funzionamento (fig. 15). L'impiego di questi elementi è fondato su *un effetto analogo a quello del detector a cristallo*. Un *elemento raddrizzatore* è costituito fondamentalmente da un *disco di ferro nichelato, ricoperto da un lato con uno strato* (ottenuto mediante applicazione a spruzzo) *di selenio*, un metallo grigiastro e fragile. Applicando una *tensione continua* regolabile, l'elemento viene attraversato da una corrente dell'intensità indicata nel diagramma della fig. 16. Quando al disco di ferro è applicato il polo positivo, la corrente aumenta molto fortemente, a partire da 0,2 V. Si osserva quindi che la *resistenza dell'elemento*, nella direzione *dal ferro al selenio*, è *molto piccola*. Invertendo la polarità, le cose cambiano. Osservate che, nella fig. 16, è stata usata una scala completamente diversa per il grafico riferito a questa direzione della corrente. Fino a 4 volt non passa alcuna corrente; dopo si ha un lento aumento. In altre parole: *quando il selenio è positivo, la resistenza dell'elemento raddrizzatore è elevatissima.*

Se si applica ora una *tensione alternata*, si ottiene una *notevole corrente* solo *durante la semionda, nella quale il ferro è positivo rispetto al selenio. Nell'altra direzione invece la corrente è bloccata.*

La caratteristica riportata nel *lato destro* della fig. 16 assomiglia molto a quella di una *valvola raddrizzatrice*; dal *lato sinistro* della figura risulta invece che, a differenza di questa, si ha qui una *piccola corrente anche nella direzione inversa.* Mentre infatti le valvole possono bloccare senza difficoltà un'ampiezza della tensione alternata di alcune centinaia di volt, i *raddrizzatori a secco* ne portano solo 10-15 V. Per le tensioni più elevate bisogna mettere quindi in serie un numero di elementi sufficiente per sopportare l'ampiezza della tensione alternata nella direzione inversa. Come potete rilevare dall'unità di misura riportata nella fig. 16 presso l'asse verticale, *l'intensità di corrente dipende dalla superficie della piastra. Più le piastre di selenio sono grandi, e maggiore è la corrente continua che si può prelevare.* D'altra parte, *maggiore è il numero degli elementi collegati in serie, e più elevato diviene il valore della tensione alternata raddrizzabile.*

Per terminare vi mostriamo lo schema del cosiddetto «*ponte di Grätz*»,

Fig. 16

Fig. 17

molto usato con i *raddrizzatori a secco.* Collegando convenientemente *quattro elementi* o *quattro colonne di dischi* (quando le tensioni in giuoco sono più elevate), si può fare in modo che la corrente attraversi, ad ogni semionda, le resistenze di carico nella medesima direzione. Per far ciò non occorre alcun *trasformatore di controfase.* Si osservi che la successione degli *elementi raddrizzati*, nel *ponte di Grätz*, è differente da quella del *modulatore ad anello.* Gli schizzi della fig. 17 consentono di seguire con facilità la direzione della corrente nelle due semionde.

Avete conosciuto così ancora un altro organo molto importante, malgrado la sua semplicità, nella tecnica delle telecomunicazioni.

TELEFONIA

LA TELEDIFFUSIONE SULLE RETI TELEFONICHE

Per quanto la trasmissione per radio di notizie e di musica, realizzata senza fili, sia tecnicamente elegante, pure essa comporta diversi inconvenienti. Non occorre nemmeno che pensiamo ai temporali ed agli altri disturbi diretti, che alle volte possono rovinare completamente il godimento di una radioaudizione. Anche la *scarsità d'onde* ha fatto sì che le *bande di trasmissione* delle diverse stazioni *abbiano dovuto esser molto avvicinate tra loro*, e perfino che *alcune stazioni trasmettano programmi differenti con la medesima onda.* Ne conseguono spesso interferenze e disturbi reciproci tra le diverse stazioni. In questi casi non rimane altro che rinunciare ad ascoltare la stazione disturbatrice, anche se il suo programma ci interessava in modo particolare.

Questi inconvenienti vengono evitati con la *telediffusione sulle reti telefoniche* che, particolarmente in Svizzera, ha raggiunto un certo grado di perfezione. (In Italia, fino ad ora, la *telediffusione* non è stata ancora introdotta).

La *telediffusione* non è altro che la *trasmissione dei programmi radiofonici per mezzo delle linee telefoniche*, e significa pertanto *assenza di disturbi* e *ricezione chiara.* Esistono due possibilità fondamentali per realizzare la *telediffusione*; in Svizzera soon impiegate entrambe.

1) Telediffusione a bassa frequenza

Con questo sistema il programma viene trasmesso agli utenti come se fosse una comunicazione telefonica. Pertanto, sulla linea che collega l'utente alla centrale, può essere trasmesso *un solo programma per volta*, poichè non esiste un'*AF* modulata, la quale soltanto potrebbe rendere possibile la separazione di differenti trasmissioni, come avviene nella radio. La selezione del programma desiderato deve avvenire quindi nella centrale. È dunque necessario che i differenti programmi vengano inoltrati *per mezzo di linee* dagli *studi radiofonici* alle *centrali telefoniche.* Le vostre cognizioni di telefonia automatica vi permetteranno di indovinare facilmente che ad ogni abbonato alla *telediffusione* viene assegnato un piccolo *selettore*, situato nella centrale e allac-

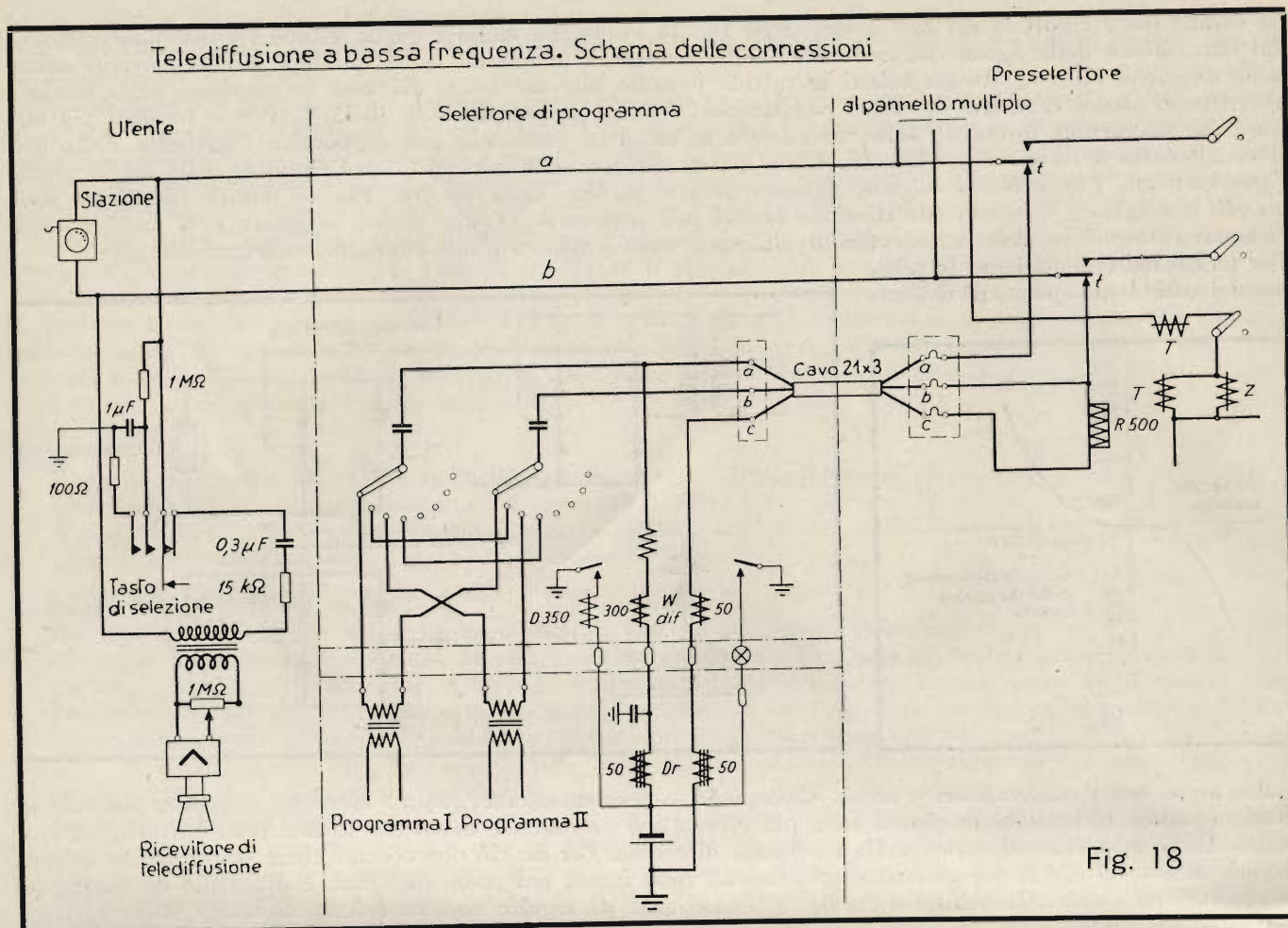



Fig. 18

ciato, con i contatti d'uscita, ai cinque o sei programmi trasmessi. Per l'utente telefonico abbonato alla *telediffusione a bassa frequenza,* si presenta però una difficoltà. È infatti impossibile telefonare e ascoltare la telediffusione nel medesimo tempo. Pertanto *le comunicazioni telefoniche, sia in partenza che in arrivo, interrompono la radioaudizione.* La realizzazione tecnica di questo sistema è assai interessante. La fig. 18 mostra come viene inserita la *telediffusione* in una *centrale automatica sistema Siemens e Halske.* Lo schema è suddiviso nella parte dell'utente con *apparecchio telefonico e ricevitore di telediffusione,* nella parte del *selettore di programma* e nella parte del *preselettore.* Per principio, in posizione di riposo, il *selettore di programma* è allacciato alla *linea dell'utente;* anche il *ricevitore di telediffusione* è collegato attraverso un *condensatore* con la *linea.* Per effettuare la selezione del programma, il filo *a* viene messo a terra, per mezzo del *tasto di selezione.*

La *commutazione* dalla *telediffusione* all'*esercizio telefonico* avviene ad opera del *relè differenziale W/dif* (circa a metà della figura). Il *relè differenziale* possiede *due avvolgimenti uguali* sul medesimo nucleo. Quando questi sono entrambi percorsi dalla corrente, si formano dei *campi magnetici opposti,* che si annullano, e perciò il *relè* non attrae. Il *relè* funziona quindi soltanto, quando la corrente attraversa *un solo avvolgimento.*

Quando si preme il *tasto di selezione* mentre il ricevitore dell'apparecchio telefonico è appeso, passa una corrente attraverso il filo *a* e attraverso l'*avvolgimento di sinistra* del relè differenziale *W/dif.* Il *relè* attrae, chiudendo il circuito del *magnete di rotazione* D 350 del *selettore di programma.* Premendo il *tasto di selezione,* si fa quindi avanzare, a passo a passo, il *selettore di programma,* fino a trovare il programma desiderato. Quando invece l'utente vuole avere una comunicazione telefonica, egli solleva il ricevitore, chiudendo così il circuito microfonico. La corrente continua d'alimentazione circola allora tanto nel filo *a,* quanto nel filo *b.* Sono quindi eccitati *entrambi gli avvolgimenti* del relè differenziale *W/dif* e pertanto questo rimane in posizione di riposo.

Si eccita invece il *relè R 500,* allacciato al filo *b.* Esso inserisce il *preselettore,* il quale, a sua volta, va alla ricerca di un *selettore di gruppo* o *di linea* libero. Successivamente vengono azionati i *contatti t* del *relè T,* separando così dalla linea il relè *R* e il *selettore di programma.*

Anche quando l'utente è chiamato, viene azionato il relè separatore *T* ed eliminato così dal circuito il *selettore di programma* per la telediffusione. Il *ricevitore di telediffusione* non è altro, in questo caso, che un *amplificatore di BF,* come quello compreso in qualsiasi apparecchio radio nella parte *BF.*

Per usufruire della *telediffusione* basterebbe quindi, in via di principio, collegare con la linea telefonica le

boccole del grammofono di qualunque apparecchio radio. Poichè, però, la sensibilità dei vari ricevitori non è uguale, bisogna adattare l'apparecchio alla linea telefonica mediante un *traslatore*.

In Svizzera l'Amministrazione delle Poste, dei Telegrafi e dei Telefoni prescrive, per gli apparecchi destinati all'allacciamento alle linee di telediffusione a *BF*, l'osservanza delle seguenti norme:

1. L'impedenza d'entrata dell'apparecchio deve avere un determinato valore.
2. L'apparecchio deve possedere un dispositivo di selezione con protezione contro i disturbi.
3. Il massimo volume sonoro producibile non deve superare un dato valore.

Per poter usufruire dell'ottima qualità della riproduzione ottenibile con la *telediffusione*, bisogna inoltre che la *banda utile di frequenza* del ricevitore comprenda una determinata ampiezza minima.

In generale, l'entrata « Fono » dei normali radioricevitori non corrisponde a tutte queste prescrizioni. L'Amministrazione delle Poste suddetta cede perciò, a nolo,delle speciali *cassette d'adattamento*, chiamate « *Radiofil* ». Esse contengono essenzialmente un *traslatore con condensatori di blocco della corrente continua*, un *dispositivo di selezione con dispositivo antidisturbi* e un *limitatore di volume*, costituito da un *potenziometro* inaccessibile dall'esterno.

2) Telediffusione ad alta frequenza

Mentre la *telediffusione a bassa frequenza* richiede l'impiego di *speciali selettori* e di altre parti collocate in centrale, con la *telediffusione ad AF* le cose sono più semplici. In questo caso è senz'altro possibile avere il *ricevitore di telediffusione* in funzione e usare nel medesimo tempo l'apparecchio telefonico. Inoltre è possibile trasmettere differenti programmi sulla medesima linea, utilizzando diverse frequenze portanti, proprio come nelle radiotrasmissioni trasportate dall'etere. Occorre badare soltanto che le comunicazioni telefoniche e l'*AF* non si disturbino a vicenda.

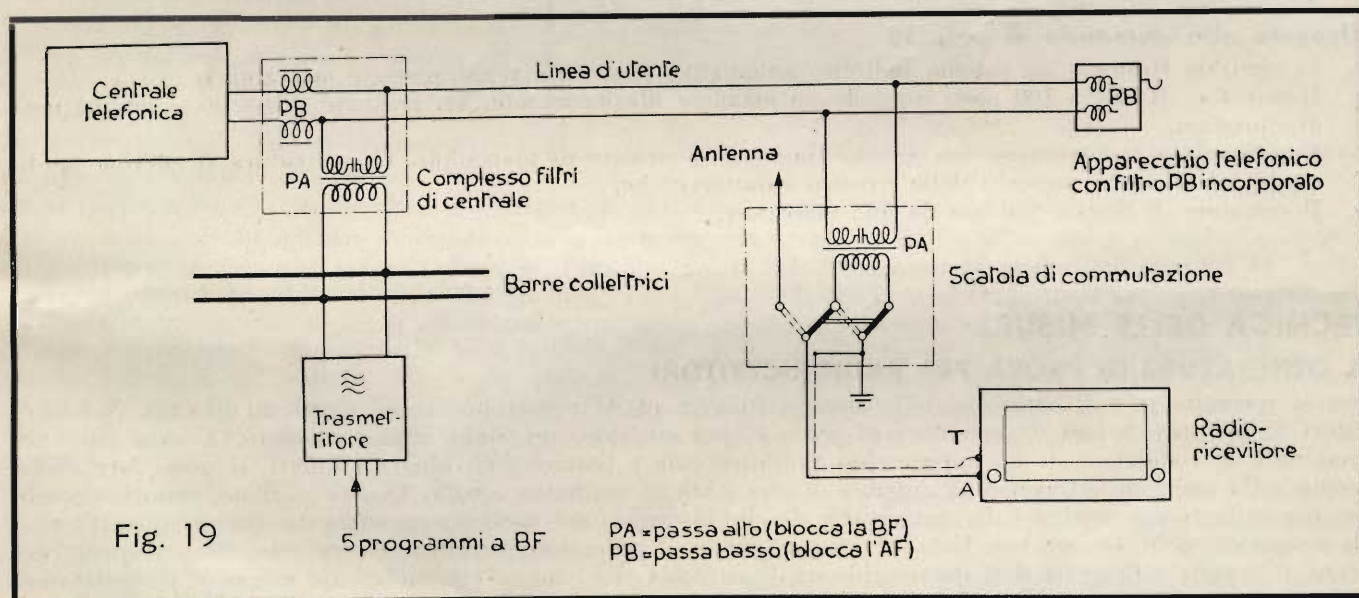



Fig. 19

Come vedete dalla fig. 19, tutti i programmi sono immessi nelle *sbarre collettrici* dell'*AF*. Gli utenti di *telediffusione* sono allacciati a queste *sbarre collettrici* attraverso un *trasformatore* d'*AF* (passa-alto), con *condensatore di separazione*. È poi previsto un *filtro passa-basso* (*PB*), col compito di impedire che i disturbi provenienti dalla centrale locale si ricevano nella parte d'*AF*. Le *bobine d'impedenza* che formano il *filtro passa-basso* non costituiscono alcun ostacolo per la *BF* della conversazione telefonica. Sulla linea dell'utente vengono quindi trasmessi, oltre alla conversazione, anche i vari programmi di *telediffusione*, applicati mediante modulazione alle diverse *AF* portanti. Presso l'utente occorrono, naturalmente, altri *filtri passa-alto* e *passa-basso* per separare la *BF* dall'*AF* e inviarle ciascuna ai rispettivi ricevitori.

L'*AF* viene addotta attraverso un *trasformatore d'AF* (*filtro passa-alto PA*) alle *boccole d'antenna* e *di terra* dell'apparecchio radioricevente. L'*avvolgimento primario* del *trasformatore* è interrotto da un *condensatore*, occorrente per non mettere in cortocircuito la tensione continua, esistente sulla linea telefonica, provocando l'azionamento dei relè nella centrale. La *reattanza* del condensatore per l'*AF* è piccolissima; la *BF* invece non perviene, praticamente, affatto ai morsetti secondari del trasformatore.

Prima dell'apparecchio telefonico basta inserire delle *impedenze* per *AF*, che lasciano invece passare la *BF*.

Sul lato del telefono è poi inserito un *condensatore* tra i due conduttori per eliminare completamente l'*AF* dal lato *BF*.

Purtroppo *le alte frequenze non si propagano bene lungo le linee*. Per questa ragione le *frequenze portanti* impiegate nella *telediffusione* sono scelte nella gamma delle *onde lunghe*, per le quali è ancora possibile una soluzione di compromesso accettabile. Le frequenze inviate nelle linee non sono dunque quelle emesse dalle stazioni radio; per la *telediffusione* si modulano invece delle *nuove onde portanti*, con i programmi trasmessi. Per

esempio, le onde usate per la trasmissione dei differenti programmi nelle reti svizzere di *telediffusione ad AF* sono le seguenti:

Beromünster	175 kHz —	1715 m
Sottens	208 kHz —	1444 m
Europa I	241 kHz —	1245 m
Europa II	274 kHz —	1096 m
Monte Ceneri	307 kHz —	978 m

L'utente abbonato alla *telediffusione ad AF* deve disporre di un normale apparecchio radio con gamma delle *onde lunghe*.

Il programma desiderato viene inserito manovrando il *bottone della sintonia*, come nella normale ricezione delle stazioni radio.

Il *trasformatore d'AF* col *condensatore di separazione* è contenuto nella *scatola di commutazione*, mentre le *bobine d'impedenza* sono collocate nella custodia dell'apparecchio telefonico. L'antenna e la terra dell'apparecchio radio si allacciano alla *scatola di commutazione*, l'apparecchio viene commutato sulle *onde lunghe* e la perfetta ricezione è assicurata.

Come vedete, in certi casi si preferisce fare, in un certo senso, un passo indietro, rinunciando alla trasmissione senza fili e ritornando al collegamento per linee. Ciò è consigliabile quando, altrimenti, la qualità della riproduzione lasciasse troppo a desiderare.

Domande

1. Quali sono i sistemi di telediffusione in uso?
2. Quale dei due sistemi richiede un maggior numero di impianti?
3. Quali lunghezze d'onde si impiegano nella telediffusione ad *AF*?

Risposte alle domande di pag. 10

1. La centrale Hasler è un sistema indiretto automatico (sistema a registrazione e marcatura).
2. Il cercatore Hasler a 100 posti possiede un magnete d'azionamento, un magnete d'innesto e un magnete di ripristino.
3. Il particolare caratteristico del sistema Hasler è il circuito di marcatura. La marcatura si effettua applicando agli attacchi prescelti delle tensioni caratteristiche.
4. Il cercatore di linea è guidato da due marcatori.

TECNICA DELLE MISURE

IL GENERATORE DI PROVA PER RADIORICEVITORI

Per la sorveglianza e il controllo delle apparecchiature ad *AF* occorrono diversi strumenti speciali. Nei laboratori di radioriparazioni il *generatore di prova* è, per esempio, un aiuto importantissimo. È raro che, per esaminare le condizioni di un apparecchio radioricevente e poterne individuare i difetti, si possa fare affidamento sulla ricezione attraverso all'antenna di una stazione emittente adatta. Questa stazione, infatti, dovrebbe, non soltanto trasmettere nella gamma d'onde che interessa, ma anche essere ricevuta con un'intensità tale, da consentire delle misure ben fatte. Si ricorre perciò al *generatore di prova per radioricevitori*, il quale consente di erogare all'entrata dell'apparecchio qualsiasi onda richiesta, e con sufficiente intensità. Il *generatore* presenta pure altri vantaggi. Quando con l'antenna si raccoglie un'onda, non si sa nulla della sua intensità.. Anche il volume sonoro non può essere una misura ben definita dell'ampiezza dell'onda; esso dipende infatti dal grado istantaneo di modulazione, ossia dalla circostanza che, in quel momento, venga trasmesso un *forte* oppure un *piano*. Anche se all'apparecchio si applicasse un oscilloscopio, non si potrebbe rilevare gran che. Le oscillazioni a *BF* della musica e della parola variano così rapidamente, di frequenza e d'ampiezza, che non si potrebbe ottenere un'immagine immobile, ma soltanto una mescolanza confusa e disordinata dalla quale potrebbe risultare ben poco.

Queste osservazioni consentono di descrivere in poche parole i requisiti di un *generatore di prova*. Esso deve poter erogare *tutte le frequenze delle onde usate nelle radiotrasmissioni, lunghe, medie e corte*. La frequenza deve *essere regolabile in modo continuo;* è consentita tuttavia la *commutazione da una gamma all'altra*. Dalla messa a punto dell'apparecchio si deve *poter leggere il valore della frequenza emessa*.

È inoltre importante di *poter regolare l'ampiezza della tensione ad AF erogata* e di *poterne leggere il valore*. Affinchè le condizioni d'esercizio corrispondano all'effettivo impiego, bisogna che l'*AF* erogata dal *generatore* sia modulata. In tal modo è possibile controllare anche il modulatore e l'amplificazione di *BF*. Come *BF* modulante si impiega una *frequenza di 400 Hz* perfettamente sinusoidale, con la quale si modula l'*AF* per il 30%. Ciò significa che l'ampiezza della *BF* modulante sta all'ampiezza dell'*AF* pura, non modulata, come 30 : 100. Il *fattore di modulazione* equivale quindi al 30 %, ciò che corrisponde all'emissione di un'*intensità sonora media*.

Se vorrete osservare un'altra volta la fig. 25 della Dispensa N. 6, vedrete chiaramente che il volume sonoro dipende, in modo eminente, dall'ampiezza delle oscillazioni di *BF*. Vedrete inoltre che la riproduzione ragionevole del suono è soltanto possibile, se l'ampiezza della *BF* non supera quella dell'*AF*. La massima modula-

zione possibile corrisponde al 100 % e deve pertanto esser riservata per le massime intensità sonore da riprodurre.

Dopo questa piccola divagazione, nella quale abbiamo conosciuto il *fattore di modulazione*, esaminiamo lo schema più semplice di un *generatore di prova*. La novità essenziale, per voi, consiste nel *modulatore*, il quale, nel suo principio, è analogo a quello di una qualsiasi grande stazione trasmittente.

Nella fig. 20 si vede, in basso a destra, l'*alimentatore*. Trattandosi di un *generatore d'alta frequenza*, bisogna preporre all'*alimentatore* un *filtro di protezione* contro i disturbi provenienti dalla rete.

Esso è simile a quelli già descritti in precedenza (vedasi, per esempio, la fig. 10 della Dispensa N. 18).

L'*alimentatore* stesso funziona come *raddrizzatore a una via*, dovendo erogare soltanto una piccola corrente, circa 10 mA. Per tale ragione è sufficiente usare una *semplice resistenza*, in luogo dell'*impedenza di filtraggio*, con notevole risparmio di spesa. Ciò comporta naturalmente una certa *caduta di tensione*, ma, data la piccolezza della corrente, essa rimane entro limiti sopportabili.

Generatore AF

10x 100x 1000x

1x

a b c d

AF

Simbolo per condensatore di taratura (Trimmer)

Simbolo per condensatore regolabile

Rete

Generatore BF

Fig. 20

Il *generatore d'AF* vero e proprio funziona con un normale schema a reazione. Il *circuito oscillante* si trova sulla *griglia* e consente, grazie al *condensatore variabile*, la regolazione fine della frequenza. La *bobina di reazione* riporta una tensione amplificata dal *circuito anodico* alla *griglia*, producendo e mantenendo così l'oscillazione.

Una novità è la *combinazione di resistenza e capacità* inserita presso la griglia-pilota della valvola. Essa serve a determinare un punto di lavoro favorevole. Data l'ampiezza relativamente forte delle oscillazioni d'*AF*, nella semionda positiva la *griglia* diventa per un breve istante *positiva*, per la qual cosa si manifesta una *corrente di griglia*. Questa corrente carica il *condensatore*, in modo che *il lato allacciato alla griglia diventa negativo*. Scegliendo adeguatamente la *resistenza* in parallelo, si ottiene *il punto di lavoro più adatto*, corrispondente a una debole polarizzazione negativa. Nei punti contrassegnati con *a*, *b*, *c*, *d* sono allacciate le varie *bobine di reazione* e *del circuito oscillante*, intercambiabili per la scelta del campo di misura. Anche nel *generatore di prova* non è infatti possibile di inserire le onde lunghe, medie e corte, manovrando unicamente il *condensatore variabile*.

Nella parte superiore, a destra, della figura 20, si vede il *partitore di tensione*, allacciato al *circuito oscillante di griglia* attraverso una resistenza. Quando il *commutatore* è spostato del tutto a sinistra (come nella figura cioè nella posizione « 1 × », si ha la *minima tensione* ai capi del *potenziometro d'uscita*. La *massima tensione* all'uscita si aggira sui 30-70 mV. Non è molto, ma è sufficiente, se si pensa che bisogna collaudare degli amplificatori, i quali hanno appunto il compito di portare questa piccola tensione ad un valore molto maggiore. La ragion d'essere del *partitore* indicato nello schema deriva dalla *necessità di scegliere il valore della tensione erogata in base al grado d'amplificazione susseguente*. Non è infatti possibile che uno stadio amplificatore funzioni in modo soddisfacente, quando alla sua entrata è applicata una tensione troppo elevata, tale cioè da portare le valvole a saturazione.

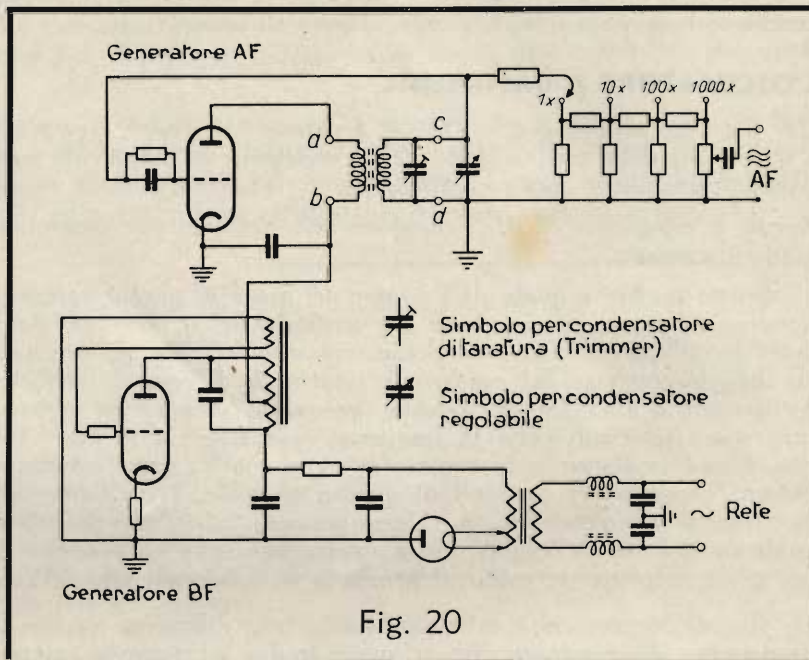
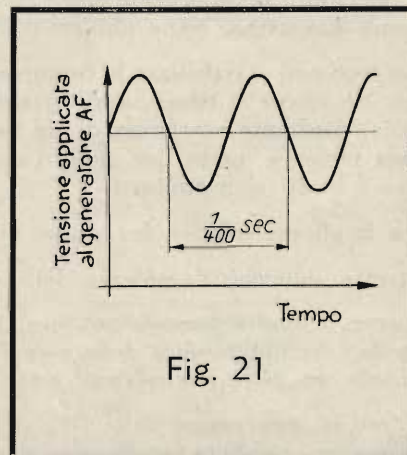
Si vede infine, in basso, il *generatore di BF* per la *tensione di modulazione*. Anche qui abbiamo un semplice schema a reazione con un trasformatore. Il *circuito oscillante* non si trova qui sulla griglia, bensì nel *circuito anodico*. Le *resistenze* allacciate alla *griglia* e al *catodo* servono anche qui per stabilire il punto di lavoro più adatto. Osserverete sicuramente che, in questo schema, la *resistenza catodica* non possiede un *condensatore in parallelo*. Agisce quindi una controreazione, poichè la tensione a *BF*, che si sviluppa ai capi della *resistenza catodica*, si presenta con fase inversa rispetto all'*AF* addotta alla *griglia* attraverso il *trasformatore*.

Fig. 21

Ricordiamo quindi questo fatto importante:

> *Ogni resistenza catodica, che non abbia un condensatore in parallelo, agisce da controreazione.*

Con ciò abbiamo illustrato le principali parti componenti del *generatore di prova*. Spieghiamo ora come avviene la modulazione.

La tensione anodica per il *generatore d'AF* non proviene direttamente dal *raddrizzatore*. La *bobina anodica* del *generatore d'AF* è infatti allacciata a una presa intermedia del *trasformatore di BF*. La *tensione di alimenta-*

zione applicata al *generatore d'AF* è costituita, quindi, da una *tensione continua pulsante*, che oscilla con la *BF* di 400 Hz (fig. 21).

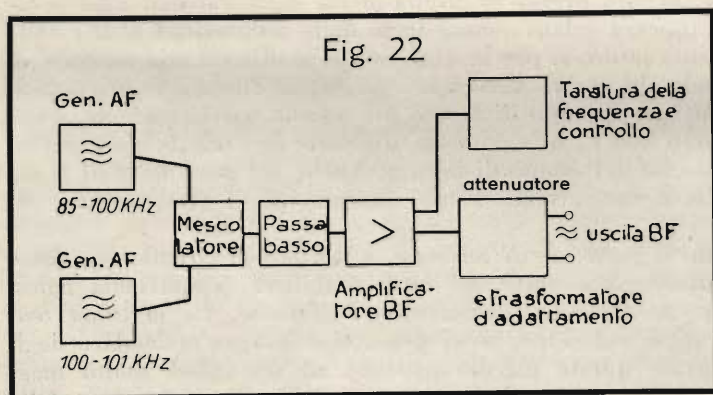
L'ampiezza delle oscillazioni d'*AF* dipende naturalmente, in modo eminente, dalla tensione d'alimentazione anodica. Poichè questa oscilla nel ritmo di 400 Hz, si ottiene come risultato un'*AF modulata in ampiezza*, come occorre per la prova dei radioricevitori. Il *diagramma* di questa oscillazione d'*AF* modulata in ampiezza vi è già noto fin dalla Dispensa N. 6 (figg. 12 e 16) e dalla Dispensa N. 15 (fig. 1). L'applicazione dell'apparecchio è così ovvia, che non vale la pena di occuparcene.

L'OSCILLATORE A BATTIMENTI

Ciò che negli esperimenti d'*AF* è il *generatore di prova*, per i radioricevitori è rappresentato dall'*oscillatore a battimenti* nella tecnica della *BF*. L'*oscillatore a battimenti* non è altro che un *generatore di BF, con frequenza variabile in modo continuo per tutto il campo delle basse frequenze.*

Poichè le esperienze di *BF* richiedono delle tensioni più elevate, bisogna che l'*oscillatore a battimenti* sia in grado di erogarle.

Vi diremo tra breve quale sia l'origine del nome di questo apparecchio. Da quanto vi abbiamo spiegato sul *generatore di prova*, pensate forse che anche la *BF* si potrebbe generare nello stesso modo, regolando il valore della frequenza mediante *condensatori variabili*. Ma qui interviene una constatazione spiacevole: è infatti assai difficile costruire dei *condensatori variabili* di capacità sufficientemente elevata per la generazione delle oscillazioni a *BF*. Inoltre sarebbe necessario commutare molte volte la gamma di frequenza per poter generare senza intervalli tutte le frequenze comprese tra 10 Hz e 16 kHz, e tutte all'incirca con la stessa intensità. Con l'*oscillatore a battimenti* ciò è possibile, senza commutare la gamma di frequenza e impiegando dei comuni *condensatori variabili* di qualità normale. L'*oscillatore a battimenti* presenta una certa somiglianza col *ricevitore a supereterodina*. Anch'esso possiede infatti una *valvola mescolatrice*, alle griglie della quale vengono applicate due *AF*. Rileggete ora la spiegazione sulla generazione della media frequenza nella *supereterodina*: voi stesso indovinerete subito il principio di funzionamento dell'*oscillatore a battimenti.*

Le due *AF* vanno scelte in modo che la loro differenza sia una *BF*. Esse devono quindi appartenere al medesimo ordine di grandezza. Naturalmente le due *AF* vengono entrambe generate nell'apparecchio stesso. Come principio, la scelta del campo della *AF* sarebbe indifferente; per maggior semplicità tecnica si preferisce però disporle *nel campo delle onde lunghe.*

Consideriamo, per esempio, un apparecchio nel quale *uno* dei due *generatori* d'*AF* eroghi una frequenza costante di 100 kHz, mentre la frequenza dell'*altro generatore* possa esser variata, mediante un *condensatore variabile*, da 85 a 100 kHz. La differenza delle due frequenze è una *BF* che, conformemente alla messa a punto del secondo *generatore*, può variare da 15000 a 0 hertz. Si conosce in acustica un problema analogo di sovrapposizione di due frequenze con formazione della loro differenza. *Se si producono due suoni quasi uguali, si ode un suono che aumenta e diminuisce di intensità con una frequenza pari alla differenza dei due suoni.* Questo fenomeno è denominato « *formazione di battimenti* ». Analogamente, passando al campo delle alte frequenze, si dice che *le due AF producono dei battimenti*, intendendo con ciò la *differenza delle due frequenze*. Ecco perchè l'apparecchio che stiamo illustrando è chiamato « *oscillatore a battimenti* ».

Con l'aiuto dello schema semplificato della fig. 22 esaminiamo la costituzione dell'*oscillatore a battimenti*. Vengono dapprima, come abbiamo detto, i *due generatori d'AF*.

In certi casi si stabilizza la frequenza di *uno* dei due *generatori*, per esempio su 100 kHz, per mezzo di un *quarzo*. Se invece si rinuncia alla stabilizzazione, si fa in modo che la frequenza di questo *generatore* sia regolabile, mediante rotazione di un *condensatore variabile*, da 100 a 101 kHz. Con ciò si ottiene la possibilità di una messa a punto fine della bassa frequenza. Il *secondo generatore*, invece, eroga una frequenza variabile entro i limiti sopraindicati.

La larghezza relativa del campo di frequenza di questo *generatore*, ossia $\frac{100}{85} = 1{,}176$, è invece abbastanza ristretta, cosicchè l'ampiezza delle oscillazioni rese è praticamente costante.

Segue lo *stadio mescolatore*, ove, tra l'altro, si produce anche la *differenza delle frequenze originarie*. Poichè nella corrente anodica della *valvola mescolatrice* sono presenti anche le due *AF*, bisogna separare la *BF* mediante un *filtro passa-basso*, come quello descritto nella Dispensa N. 20.

Dopo la separazione della *BF*, si procede alla sua amplificazione. La potenza in *BF*, agente dopo lo *stadio mescolatore*, è infatti insufficiente per la maggior parte delle misure. È quindi indispensabile l'*amplificazione in*

uno o eventualmente due stadi. Trattandosi di un *generatore di misura*, bisogna che la *BF amplificata* sia puramente sinusoidale, affinchè i risultati delle misure siano univoci.

Occorre inoltre fare in modo che l'*uscita* possa essere *adattata* ai più diversi consumatori. Infatti alle volte c'è un *consumatore ad alta impedenza*, altre volte *a bassa impedenza*, cosicchè il *generatore* deve erogare ora *tensione* più elevata e corrente debole, ora viceversa. La soluzione più conveniente consiste nel dotare l'apparecchio di un *trasformatore d'uscita con varie prese*, adatte per le diverse esigenze. Ci sarà, per esempio, una *presa* contrassegnata con la scritta « *5 ohm* ». Essa sarà favorevole per alimentare direttamente un *altoparlante dinamico*. Invece una *cuffia telefonica* verrà preferibilmente allacciata, secondo i casi, all'uscita per « *200 ohm* » oppure per « *1000 ohm* ».

Anche con questo apparecchio dovrà inoltre esser possibile variare in modo continuo il valore della tensione erogata. Serve, a questo scopo, un cosiddetto « *attenuatore* », costituito essenzialmente da un *partitore di tensione con potenziometro variabile*, come abbiamo già illustrato per il *generatore di prova* dei radioricevitori.

Fin qui nulla di strano, visto che entrambi gli apparecchi sono destinati ad erogare tensioni e frequenze variabili e vengono impiegati per scopi di misura.

Fig. 23

Di solito ci sarà anche un *dispositivo di taratura*, come si vede nella fig. 22. La stabilità dei *circuiti oscillanti* non è infatti tale che, dalla posizione dei *condensatori variabili*, si possa dire esattamente qual è la frequenza erogata. Occorre quindi che, prima di inserire l'apparecchio, si controlli la posizione relativa delle due *AF*. A tale scopo si mette l'apparecchio nella posizione di zero. Se le due *AF* sono entrambe esattamente uguali a 100 kHz, la differenza è zero e all'uscita non si riscontra alcuna *BF*. Se invece c'è una piccola deviazione, si vedono nello strumento di controllo i *battimenti* di questa piccola frequenza. Questi *battimenti* sono un segno che *le frequenze sono quasi uguali.* Per mezzo di un piccolo *condensatore ausiliario di taratura* si corregge quindi la frequenza di uno dei due *generatori*, in modo da annullare l'uscita. S'intende che questo dispositivo permette unicamente di *mettere alla pari* le posizioni di zero dei due *generatori*, ma non permette di regolare la frequenza esattamente sui 100 kHz.

Per terminare, consideriamo un esempio d'impiego dell'*oscillatore a battimenti*. Abbiamo un *trasformatore per frequenze acustiche* che presenta il rapporto di trasformazione nominale soltanto in un ristretto campo di frequenza. Interessa ora di conoscere *l'andamento del rapporto di trasformazione con la frequenza*. La disposizione degli apparecchi per la misura è indicata schematicamente nella fig. 23. Ai morsetti d'uscita del *trasformatore* è allacciato un cosiddetto « *misuratore d'uscita* » o « *misuratore di output* » (leggi « *autput* »).

Questo *misuratore di output* non è altro che un *voltmetro per corrente alternata*. Si tratta di uno *strumento a bobina mobile con raddrizzatore*; esso funziona in modo uniforme per tutta la gamma delle *BF*. Generalmente si impiega per questi scopi un *raddrizzatore a secco*, che però non è costituito da *ferro e selenio*, bensì da uno *strato doppio similare*, e precisamente da *rame e ossido di rame*. Questo tipo di raddrizzatore è particolarmente adatto per gli scopi di misura.

Chiederete forse come mai questo strumento abbia un nome speciale. La parola inglese « *output* » ha il significato di « *potenza d'uscita* ». Il *misuratore di output* è quindi un *misuratore della potenza d'uscita*. Per poter effettuare una misura di potenza con un *voltmetro*, bisogna che questo sia, nello stesso tempo, un *consumatore*, cosicchè, misurando la tensione alternata applicata ad esso, si possa anche dedurne la *potenza consumata*.

Lo strumento è dotato di *vari campi di misura*, ma in tutti si presenta la medesima resistenza interna dello strumento, per esempio 7500 ohm.

Se pertanto il *misuratore di output* segna 100 V, ciò significa che esso *consuma la potenza* di $\frac{100^2}{7500} = 1{,}33$ *watt.*

Poichè nella tecnica delle telecomunicazioni (eccetto, tutt'al più, negli stadi finali delle grandi emittenti) si ha sempre a che fare con potenze minime, queste possono essere senz'altro dissipate nell'interno di uno strumento di misura appositamente previsto.

Anche nel campo di 15 V lo strumento suddetto avrebbe quindi 7500 ohm di resistenza; pertanto, quando esso indica 12 volt, la *potenza consumata* sarebbe di:

$$\frac{12^2}{7500} = \frac{144}{7500} = 0{,}0192 \text{ watt.}$$

Riportando in un *diagramma* la tensione letta sul *misuratore di uscita* alle differenti frequenze, con tensione d'entrata costante, si ottiene *l'andamento ricercato* (fig. 24). In modo analogo si può, per esempio, *misurare l'attenuazione di una linea Pupin* alle varie frequenze, ottenendo una curva simile a quella della fig. 25.

Fig. 24

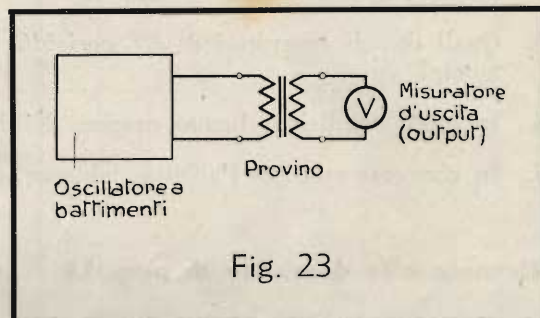
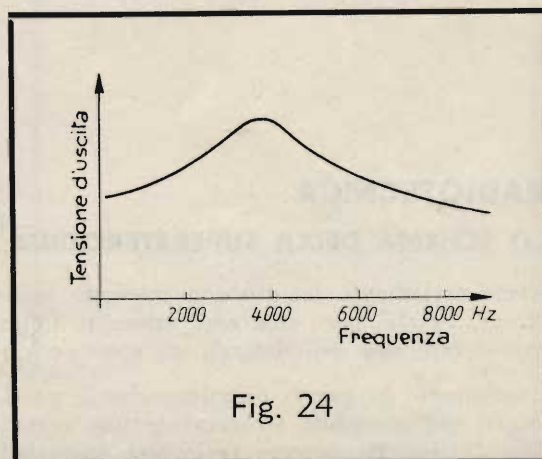
Recentemente è sorto un concorrente dell'*oscillatore a battimenti*,

sotto la forma del cosiddetto « *generatore RC* ». Come risulta dalla designazione, si tratta di un *generatore* nel quale sono impiegati soltanto *resistenze* e *condensatori*; non vi si trovano circuiti oscillanti. Mediante *speciale circuito di reazione* si ottengono delle oscillazioni a *BF* puramente sinusoidali; occorre però commutare alcune gamme di frequenza. Ci accontenteremo per ora di questo breve cenno, senza entrare nei particolari del circuito.

Fig. 25

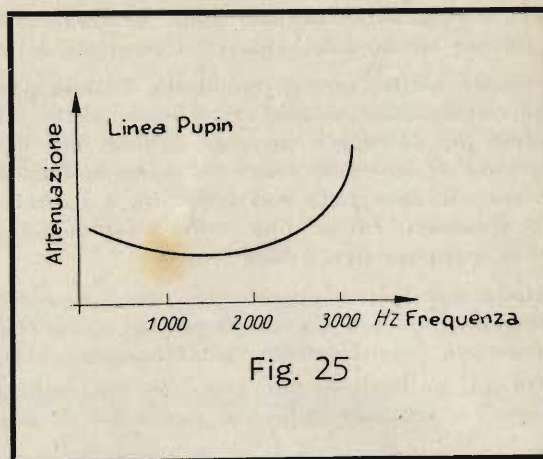
Domande

1. Quali sono i requisiti di un generatore di prova per i radioricevitori?
2. In che modo è realizzata la modulazione d'ampiezza nel generatore di prova da noi esaminato?
3. Quali tipi di generatori di *BF variabile* sono usati generalmente?
4. In quali condizioni hanno origine dei battimenti?
5. In che cosa consiste l'affinità del generatore a battimenti con la supereterodina?

Risposte alle domande di pag. 14

1. Si distingue tra la telediffusione a *BF* e quella ad *AF*.
2. La telediffusione a *BF* è quella che richiede un maggior impiego di mezzi nella centrale.
3. Nella telediffusione ad *AF* si impiegano le onde lunghe tra i 1000 e i 2000 metri.

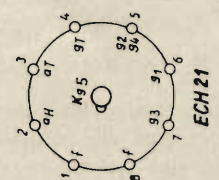
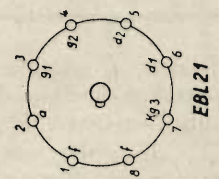
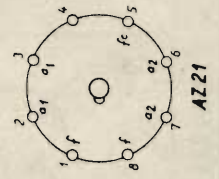
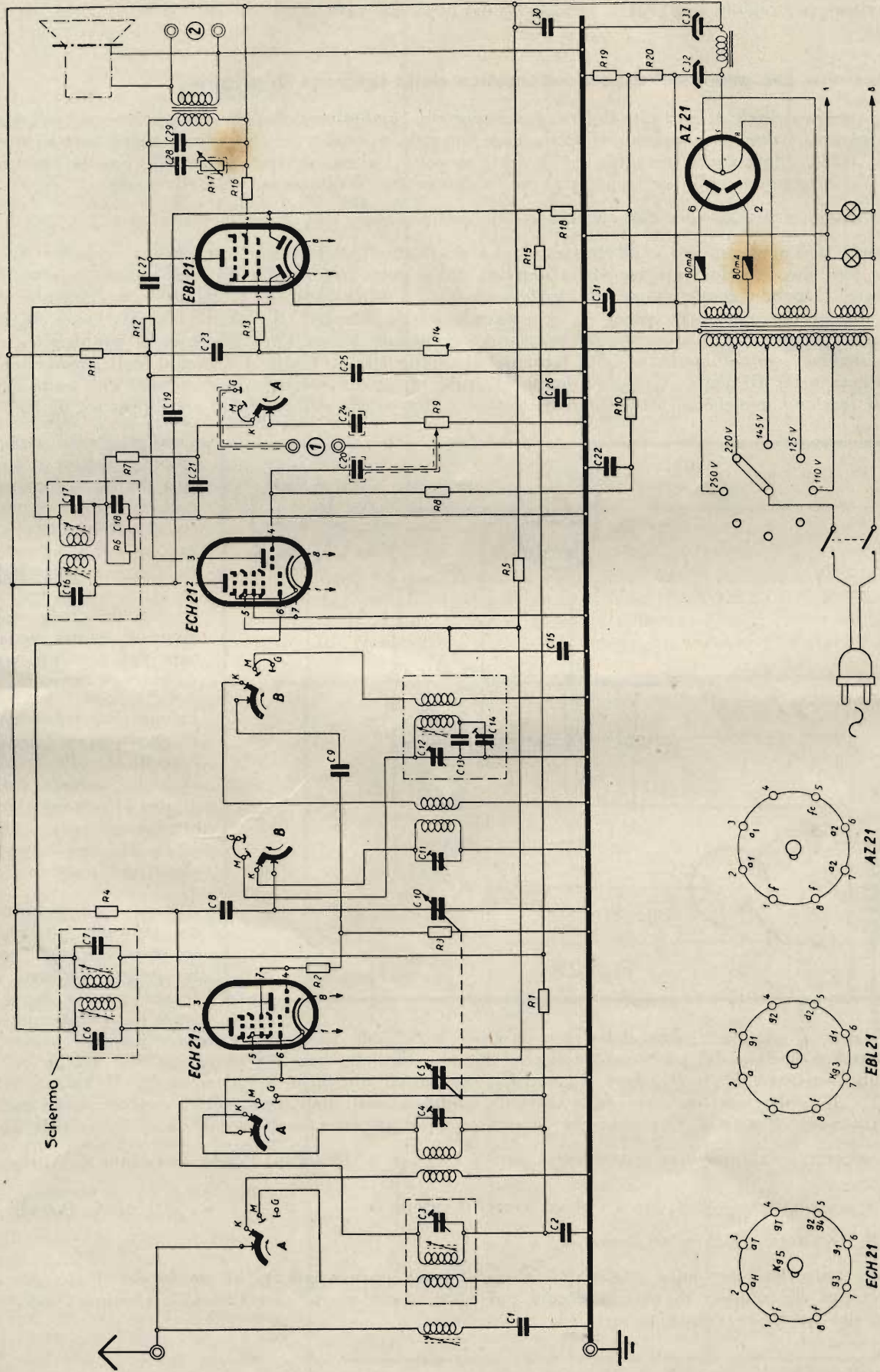
Risposte alle domande della presente pagina

1. Il generatore di prova per i radioricevitori deve poter erogare le differenti onde con tensione e frequenza regolabili.
2. Nello schema esaminato si realizza la modulazione d'ampiezza, derivando la tensione d'alimentazione anodica da una presa del trasformatore di *BF*; si ottiene così una tensione continua pulsante con la frequenza di 400 Hz.
3. Per produrre delle *BF* variabili, si impiegano oggi gli oscillatori a battimenti e i generatori *RC*.
4. Si formano dei battimenti, quando vengono sovrapposte delle oscillazioni di frequenza e di ampiezza quasi uguali.
5. Nella supereterodina si produce nello stadio mescolatore una nuova *AF*, partendo da due *AF*. Nell'oscillatore a battimenti, sempre partendo da due *AF*, si produce una *BF*.

RADIOTECNICA

LO SCHEMA DELLA SUPERETERODINA

Avete certamente seguito con interesse le nostre spiegazioni sullo schema della *supereterodina*, nella Dispensa N. 19. Poichè però una cosa talmente importante non può essere appresa in una volta sola, vogliamo ora considerare nei suoi dettagli un apparecchio radio fabbricato da un'altra Casa.

Constaterete in questa occasione che le parti principali si ripetono, pur presentando questa o quella diversità. Ormai voi possedete sicuramente una certa pratica e vi basterà quindi un'occhiata superficiale allo schema (fig. 26) per riconoscere varie cose essenziali.

Fig.26 Radioricevitore TESA 61 (Autophon S.A.)

L'esistenza del *trasformatore* e le *sigle delle valvole* fanno comprendere che si tratta di un apparecchio alimentato *in alternata*. È il ricevitore TESA 61 della ditta Autophon S.A. di Soletta (Svizzera). Abbiamo scelto questo ricevitore per ragioni particolari, benchè fin dal 1945 sia stato sostituito nella fabbricazione da tipi più perfezionati.

L'alimentazione con produzione semiautomatica della tensione di griglia

La prima parte principale è costituita dal *trasformatore col cambio-tensione*. Nel *secondario* del trasformatore occorrono anzitutto *due avvolgimenti d'accensione*: uno da 6,3 volt per le *valvole amplificatrici* (osservate la sigla (*ECH21*), allacciato ai contatti 1 e 8 degli zoccoli; l'altro, separato, da 4 V per la *raddrizzatrice* (*AZ21*). I 6,3 V servono, nello stesso tempo, per le *lampadine* d'illuminazione della scala.

Trattandosi di un *raddrizzatore a due vie*, occorre un *trasformatore con presa mediana*, per 2 × 250 V.

Ciascuna metà dell'avvolgimento è allacciata ad uno degli anodi della *raddrizzatrice* attraverso un *fusibile* da *80 mA*. La tensione continua positiva viene derivata dalla presa intermedia (5) del *catodo a riscaldamento diretto*. Segue il primo *condensatore di livellamento* C_{32}, l'*impedenza di filtraggio* (avvolgimento d'eccitazione dell'altoparlante elettrodinamico) ed il *condensatore di filtraggio* C_{33}. I condensatori sono da 32 μF e l'*impedenza* da circa 15 *H*. L'*alimentatore presenta* la soluzione di un altro interessante problema: la cosiddetta « *produzione semiautomatica* » della tensione di griglia (fig. 27), che si distingue dalla *produzione automatica* spiegata nella Dispensa N. 15. Nella fig. 27 sono disegnate soltanto le resistenze che costituiscono il *partitore di tensione*, nonchè gli attacchi delle *griglie* e dei *catodi* delle *valvole amplificatrici* di *BF*.

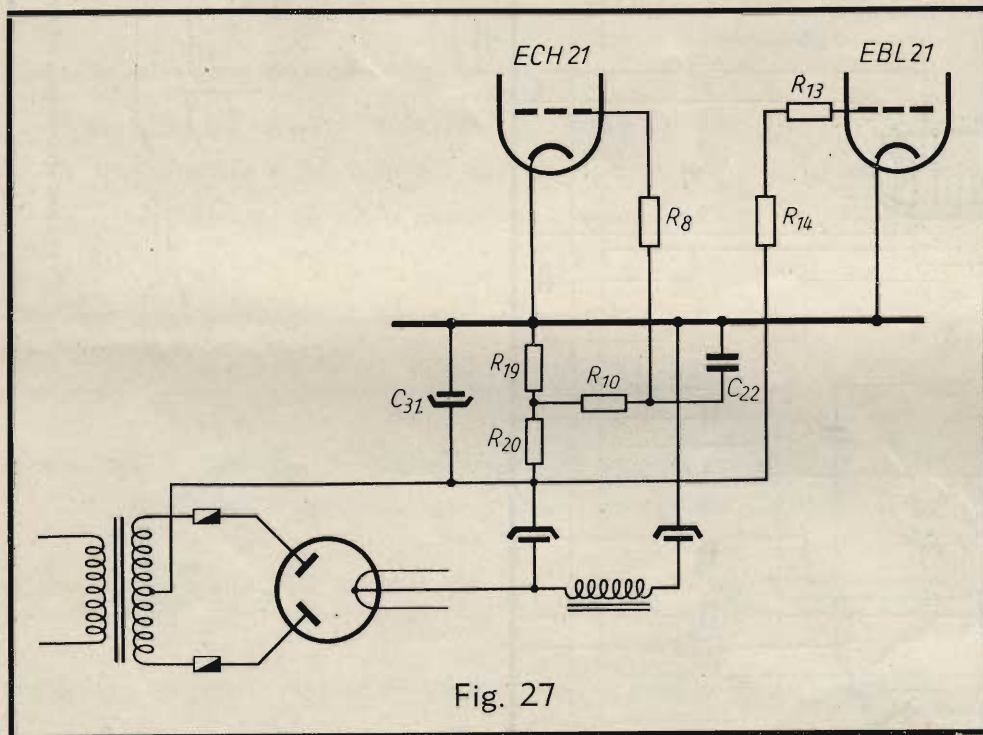



Fig. 27

Come vi è noto, nei *raddrizzatori a due vie* il *polo positivo* della tensione continua è costituito dal *catodo*, mentre il *polo negativo* è la *presa centrale* del *trasformatore*. Come risulta dalla figura 27, *non si usano resistenze catodiche*; la polarizzazione di griglia viene prelevata dal *partitore* costituito dalle *resistenze* R_{19} e R_{20}.

La *massima tensione negativa verso massa* (circa —6V) è applicata alla *griglia-pilota della valvola finale*, la quale è pertanto collegata attraverso alle *resistenze* R_{13} e R_{14} con la *presa mediana del trasformatore*.

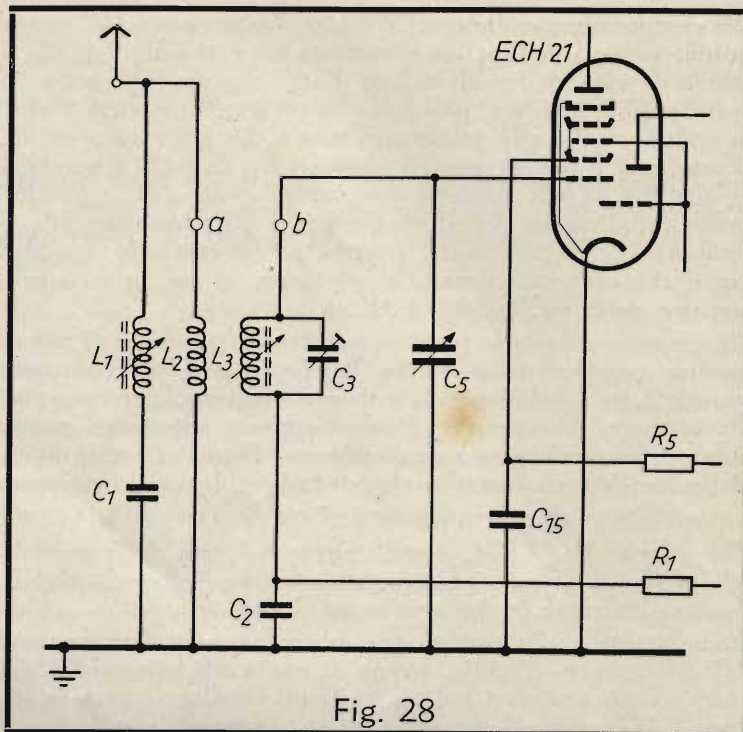
Affinchè non si formi alcuna tensione alternata sulle resistenze del *partitore*, la *presa mediana* è collegata con la massa attraverso il *condensatore* elettrolitico C_{31}. Poichè il sistema triodico della seconda *ECH21* richiede una polarizzazione negativa minore (solo — 2 V), questa si preleva dal *partitore* tra R_{19} ed R_{20}. La tensione negativa è portata alla *griglia del triodo* attraverso alle *resistenze* R_{10} e R_8, dove R_{10} con C_{22} costituisce un *filtro supplementare*. Il *valore delle resistenze* R_{19} e R_{20}, che sono percorse dalla corrente continua totale dell'apparecchio, *è determinato dalla massima polarizzazione di griglia*. Supposto che la somma delle correnti continue di tutte le valvole ammonti a 60 mA, occorre una *resistenza complessiva* pari a $\frac{6\ \text{V}}{0{,}06\ \text{A}} = 100$ ohm. Poichè la caduta di tensione nella resistenza R_{19} dev'essere — 2 V, questa deve avere il valore di $\frac{2}{0{,}06} = \frac{200}{6} = 33{,}3$ *ohm*. Quindi $R_{20} = 100 - R_{19} = 100 - 33{,}3 = 66{,}7$ *ohm*.

La medesima polarizzazione della *griglia del triodo* si trova pure applicata all'*anodo del diodo per il controllo automatico di volume*; di ciò tratteremo più oltre. Fatte queste osservazioni preliminari, occupiamoci del circuito del ricevitore vero e proprio.

Il circuito d'entrata

Questo apparecchio possiede solamente le *gamme delle onde corte e medie*. Pertanto esistono *due trasfor-*

matori d'entrata, che possono essere allacciati, a scelta, al *condensatore variabile di sintonia* C_5. Esaminiamo un po' più attentamente l'entrata del ricevitore nella posizione per le *onde medie* (fig. 28). Per maggior semplicità abbiamo tralasciato il *commutatore d'onda*, che sarebbe allacciato ai punti *a* e *b*. Abbiamo dapprima il *circuito di risonanza* in serie, allacciato tra l'antenna e la terra. Esso è accordato sulla media frequenza (471 kHz) e impedisce che frequenze vicine alla *MF* possano penetrare nel ricevitore, provocando dei disturbi. Il *circuito* L_1 C_1 rappresenta infatti per la *MF* un'*impedenza bassissima*, praticamente un cortocircuito della *bobina primaria* del *trasformatore d'entrata* L_2. Alla *griglia della valvola convertitrice di frequenza* pervengono quindi soltanto le *onde medie*. Il *circuito oscillante* propriamente detto (L_3, C_3, C_5) è accoppiato leggermente, come di consueto, attraverso ad L_2 con l'antenna. Anche sostituendo l'antenna, l'influenza di questa sul *circuito d'entrata* rimane in tal modo assai ridotta (vedasi Dispensa N. 11). Mentre il condensatore variabile C_5 è azionato dalla manopola della sintonia, la messa a punto dell'*induttanza* L_3 e del *compensatore* C_3 avviene soltanto in fabbrica, o in caso di revisione, per ottenere l'allineamento del *circuito d'entrata* con l'*oscillatore* (v. Dispensa N. 17).

Fig. 28

Il *condensatore* C_2 serve a separare la bobina L_3 dalla massa, affinchè si possa far pervenire alla griglia della *ECH21* la tensione di controllo, attraverso R_1 ed L_3. Il *catodo della valvola d'entrata ECH21* è messo a terra, poichè la *griglia-pilota* riceve, oltre alla tensione di controllo, anche la polarizzazione. La tensione positiva per le *griglie-schermo* proviene attraverso alla *resistenza* R_5. Il *condensatore* C_{15} serve *per eliminare le tensioni alternate dalle griglie-schermo*.

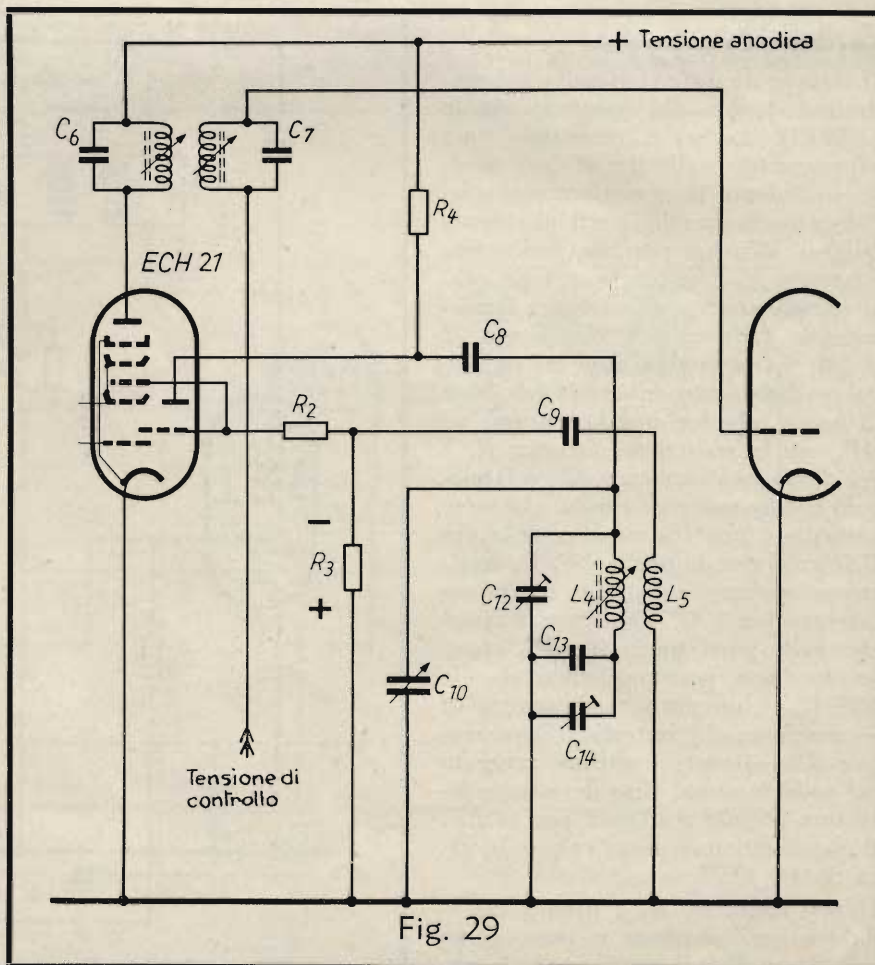
L'oscillatore

L'*oscillatore*, ossia il *generatore d'oscillazioni*, è rappresentato nella figura 29, anch'esso nella posizione delle *onde medie*. Il suo *circuito oscillante* è collegato con l'*anodo del triodo* attraverso al *condensatore di separazione* C_8. Affinchè però l'*AF* generata non venga messa in cortocircuito attraverso alla sorgente di tensione continua (ossia attraverso ai *condensatori del filtro di livellamento*), la tensione anodica continua è addotta attraverso alla *resistenza* R_4.

Il *circuito oscillante* stesso possiede ben *quattro condensatori*. In parallelo al *condensatore variabile* C_{10}, che assieme al variabile C_5, col quale è accoppiato, costituisce l'*organo di sintonia*, c'è il *compensatore* C_{12} per la *taratura*.

Il *condensatore per l'allineamento* (*padding*) non si trova qui in serie col *condensatore* C_{10}, ma con l'*induttanza* L_4.

È interessante il fatto che il *padding* può trovarsi in serie tanto al *condensatore* quanto alla *bobina*. C_{13} è l'effettivo *condensatore di accorciamento*, detto così perchè ha l'effetto di *diminuire la capacità o l'induttanza*

Fig. 29

del circuito. In parallelo a C_{13} c'è il *compensatore* C_{14} per la *taratura esatta*. Per ottenere l'allineamento sono quindi previsti nell'*oscillatore* tre organi variabili: C_{12}, C_{14} e L_4. Naturalmente il condensatore di sintonia C_{10} non è da contare tra gli organi d'allineamento, che sono esclusivamente quelli che vengono messi a punto una volta tanto in fabbrica. La *bobina di reazione* L_5 riporta l'oscillazione ad *AF*, attraverso al *condensatore* C_9 ed alla *resistenza* R_2, alla *griglia del triodo*. La *polarizzazione di griglia* è determinata dalla *resistenza* R_3. Voi chiederete forse a che servano gli elementi R_2, R_3 e C_9, e perchè la bobina L_5 non sia collegata direttamente con la griglia. La *ECH21* contiene *due sistemi elettronici*, e perciò è preferibile mettere il catodo direttamente a massa, applicando cioè direttamente la polarizzazione alle griglie. La polarizzazione della *griglia del sistema eptodico* è costituita dalla *tensione per il controllo automatico del volume*. Per il *triodo oscillatore* invece, come abbiamo già rilevato in altri casi, si ha un passaggio di corrente nella *griglia* durante le semionde positive delle oscillazioni d'*AF*.

La corrente di griglia provoca però nella *resistenza* R_3 una caduta di tensione, tale da costituire una polarizzazione negativa della *griglia*. Poichè la *resistenza ohmica* della bobina L_5 è troppo piccola, questa viene separata dalla *griglia*, per la corrente continua, per mezzo del condensatore C_9. Si sceglie quindi il valore di R_3 in modo da ottenere proprio la giusta polarizzazione. La resistenza R_2, infine, serve a *impedire che si formino delle oscillazioni non desiderate*. Il suo valore è di circa 1 000 ohm. Se non ci fosse R_2, si avrebbero delle *oscillazioni parassite* che disturberebbero il funzionamento di tutto l'apparecchio.

La *seconda griglia di comando* dell'*eptodo* (griglia 3) non è collegata internamente con la *griglia del triodo*.

Ciò affinchè la *ECH21*, come vedrete nel caso della seconda valvola, possa esser impiegata anche come *amplificatrice d'AF* e, separatamente, *di BF*. Nel caso, però, dell'uso come *valvola convertitrice di frequenza*, bisogna *collegare le due griglie tra di loro*.

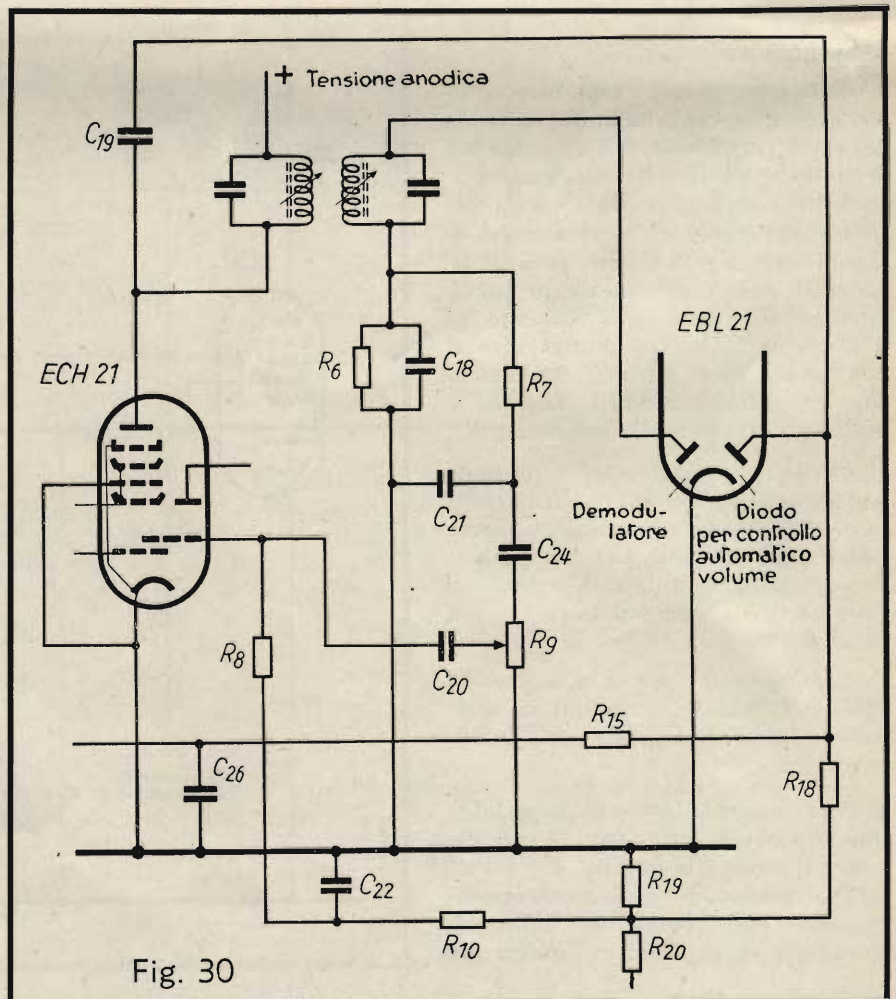
Come sapete, nella conversione di frequenza si formano nella valvola diverse *AF*. Occorre quindi *filtrare la MF* richiesta di 471 kHz, prima di applicarla alla *griglia della valvola successiva*. Ripetiamo ancora una volta come vanno accordati i diversi *circuiti oscillanti*, qualora si voglia ricevere, per esempio, la *stazione di Milano I*. Il *circuito d'entrata* va messo in sintonia con la *frequenza di ricezione*, uguale a 899 kHz. Per produrre la *MF* di 471 kHz occorre allora una frequenza dell'*oscillatore* di 899 + 471 = 1270 kHz.

La parte eptodica della seconda *ECH21* non presenta novità degne di menzione. Non dovendosi effettuare altra conversione di frequenza, si collega la *seconda griglia di comando* (griglia 3) col *catodo* e quindi con la *massa* (fig. 30). La *griglia-pilota* riceve la tensione di controllo attraverso alla *bobina del filtro di banda* (figura 29). Nel *circuito anodico* di questa seconda *ECH21* è inserito il *secondo filtro di banda* (fig. 30), per l'ottenimento della selettività necessaria. Il *filtro di banda* collabora con lo *stadio demodulatore*, che esamineremo ora nei dettagli.

La demodulazione AF

Il *doppio diodo* è contenuto nel medesimo bulbo del *pentodo finale* (*EBL21*). Le parti essenziali sono rappresentate nella fig. 30, ove quelle costituenti il *demodulatore* sono disegnate in modo particolarmente chiaro, affinchè possiate facilmente riconoscerle. Esse corrispondono quasi completamente allo schema fondamentale (Dispensa N. 15, figure 22 e 23). La demodulazione si ottiene col collegamento in serie del *filtro di banda*, che fornisce la tensione ad *AF*, con la *resistenza di carico* R_6 e col *diodo raddrizzatore*. C_{18} è il piccolo *condensatore di carica*, che deve presentare una reattanza piccola per l'*AF*, ma grande per la *BF*. R_7 costituisce, assieme a C_{21}, un *complesso filtrante* per l'*AF*, che serve a far sì che nelle parti successive dell'apparecchio non pervenga altro che la *BF*. C_{24} è un puro *condensatore di separazione*, che impedisce il passaggio alla corrente continua generata nel *raddrizzatore*. Esso deve possedere una piccola reattanza per la *BF*, il che si ottiene con un valore di circa 50 000 pF.

Il *potenziometro* R_9 è quindi libero da tensione continua e serve come *regolatore di volume*. Secondo la posizione del *potenziometro*, varia la

Fig. 30

ampiezza della tensione alternata applicata attraverso C_{26} alla *griglia-pilota del triodo* nella seconda *ECH21*.

La polarizzazione perviene alla *griglia* attraverso ad R_8, come s'è detto nella descrizione dell'*alimentatore*. In merito al *diodo demodulatore* non c'è molto da dire. L'*anodo* è allacciato al *filtro di banda*, mentre il *catodo* è a *massa*.

Il collegamento del *diodo* per il *controllo automatico del volume* è relativamente semplice, ma presenta tuttavia alcune divertenti particolarità. Come al solito, si utilizza l'inserzione in parallelo del *diodo raddrizzatore* con la *resistenza utile* R_{18}. Il *condensatore d'accoppiamento* C_{19} non è allacciato al *secondario del filtro di banda*, bensì all'*anodo dell'amplificatrice di MF*.

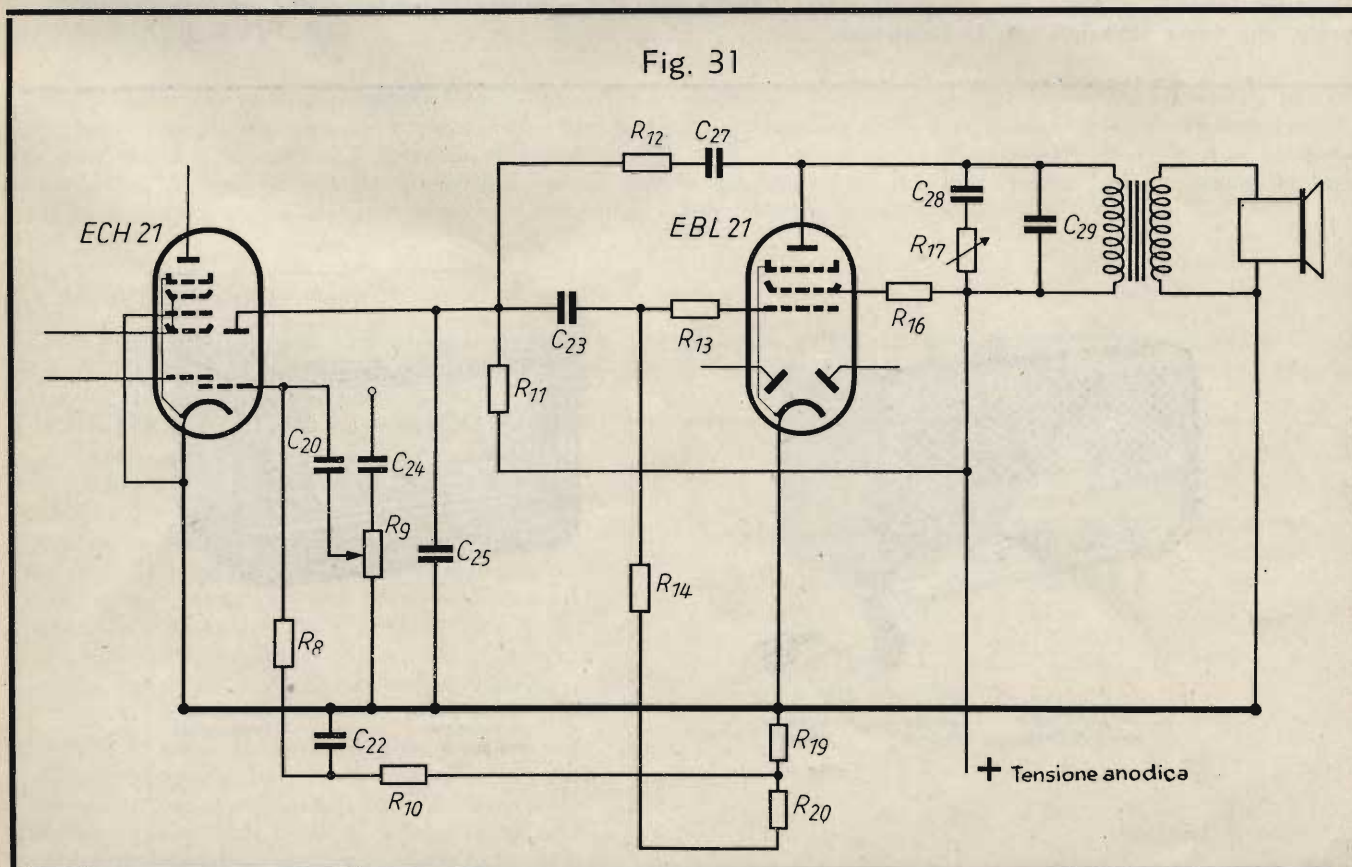
Con ciò si migliora la selettività, poichè l'attenuazione viene ripartita sui due lati del *filtro di banda*. Il collegamento a *massa* del *lato primario del filtro di banda* è realizzato nell'*alimentatore*, ove, attraverso ai *condensatori del filtro di livellamento*, l'*AF* va direttamente a *massa*. Una novità si ritrova nel modo in cui è inserita la resistenza utile R_{18}. Essa è infatti allacciata da un lato al *partitore di tensione* R_{19}, R_{20}, sull'*alimentatore*; con ciò l'*anodo del diodo di controllo* rimane sottoposto alla medesima polarizzazione negativa di circa 2 V, come la *griglia del triodo amplificatore* di *BF*. Un semplice ragionamento dice quindi che soltanto le *AF* d'ampiezza superiore ai 2 V possono provocare il passaggio della corrente attraverso al *diodo*. Lo scopo di questo provvedimento è facile da comprendere. *Si vuole che le onde più deboli subiscano la massima amplificazione possibile.*

I circuiti sono quindi predisposti in modo che, in assenza della *tensione di controllo*, si abbia questa *massima amplificazione*. Il *controllo automatico del volume*, che si realizza unicamente mediante una diminuzione dell'amplificazione, interviene soltanto quando le onde ricevute superano una determinata intensità. Si parla perciò di « *controllo ritardato* ».

La *tensione di controllo* passa ai sistemi eptodici delle due *ECH21* attraverso alla resistenza R_{15}, che, assieme al *condensatore* C_{26}, costituisce un *complesso flltrante*; si tratta quindi di un *controllo all'indietro*.

L'amplificatore di BF

L'apparecchio considerato TESA 61 possiede nella parte di *BF* un *triodo preamplificatore* e uno *stadio finale con pentodo*.

L'*attacco per il grammofono* (boccole (1) nella fig. 26) conduce alla *griglia del triodo di BF*. Per la riproduzione dei dischi si distacca la parte demodulatrice e si collega il *condensatore* C_{24}, col *potenziometro* R_9 di regolazione del volume, alle boccole per il grammofono. La commutazione è attuata mediante il *commutatore*

d'onda (*A* nel *circuito d'entrata* e davanti al *triodo BF*, *B* nell'*oscillatore*). Nella fig. 31 sono disegnate separatamente le parti essenziali dell'amplificatore di *BF*, per potere spiegare più facilmente l'effetto della *controreazione* e della *regolazione della tonalità*.

Il *circuito di griglia del triodo* nella *ECH21* è già stato considerato; non c'è nulla da aggiungere. Esso funziona come *amplificatore a resistenza* con R_{11} come *resistenza anodica*.

Per eliminare completamente l'*AF* che pervenisse all'anodo del *triodo* superando il *demodulatore*, è inserito il *condensatore* C_{25} in parallelo ad R_{11}. L'impedenza del *circuito anodico* diventa per l'*AF* praticamente nulla, e con ciò è annullata l'amplificazione dell'*AF*.

Il *condensatore* C_{23} porta la *BF* alla *griglia-pilota della valvola finale*. La polarizzazione di questa griglia proviene invece, come abbiamo già spiegato, dalla presa centrale del *trasformatore*, attraverso alle *resistenze* R_{14} e R_{13}. Il *trasformatore d'adattamento* per l'*altoparlante dinamico* è inserito nel *circuito anodico della valvola finale* (si veda la Dispensa N. 17).

Ora dobbiamo osservare alcune finezze. Tanto la *griglia-pilota* che quella *di schermo* del *pentodo finale* sono allacciate ognuna a una *resistenza* (R_{13} e R_{16}). Il compito di queste resistenze consiste nel *sopprimere la tendenza alla formazione di oscillazioni*, che si presenta spesso nelle valvole finali ad alta pendenza. In serie alla *griglia-pilota* ci sono, generalmente, alcune migliaia, in serie alla *griglia-schermo* alcune centinaia di ohm.

La *controreazione* è realizzata come nel nostro esempio precedente. Abbiamo nuovamente una combinazione in serie di *resistenza e capacità* tra gli *anodi delle amplificatrici di BF*. L'effetto è sempre basato sul fatto che il *condensatore* C_{27} lascia passare più facilmente le frequenze superiori, le quali, attraverso ad R_{12}, C_{23} ed R_{13}, pervengono alla *griglia-pilota*, provocando la *controreazione*. Si ottiene così un indebolimento delle frequenze superiori e quindi, indirettamente, un'esaltazione di quelle più basse. Infatti le frequenze inferiori, normalmente, sono meno amplificate, poichè incontrano sempre un certo ostacolo nei *condensatori di separazione* o *di accoppiamento*. La *controreazione* serve quindi a *ristabilire l'equilibrio tra le varie frequenze acustiche*.

C'è inoltre il *controllo di tonalità*, che permette di sopprimere le frequenze più elevate nel caso di fischi disturbatori. Esso è realizzato mediante il collegamento in serie del *condensatore* C_{28} col *potenziometro* R_{17}, i quali sono assieme in parallelo all'*avvolgimento primario dell'altoparlante*. Quando il potenziometro R_{17}, che è di alto valore ohmico ,è completamente inserito, la corrente che attraversa C_{28} è praticamente nulla e non si ha alcuna variazione nella tonalità dell'*altoparlante*. Quando invece si diminuisce la resistenza di R_{17}, il condensatore C_{28} viene a trovarsi in parallelo al *trasformatore d'uscita* e diminuisce fortemente l'amplificazione della *valvola finale* per le frequenze più alte. Usando altri termini, si può anche dire che, a seconda della posizione del *potenziometro*, le frequenze alte vengono, più o meno, cortocircuitate.

Il *condensatore* C_{29}, infine, serve a *compensare l'andamento del rapporto di trasformazione del trasformatore di uscita*, che varia alquanto con la frequenza.

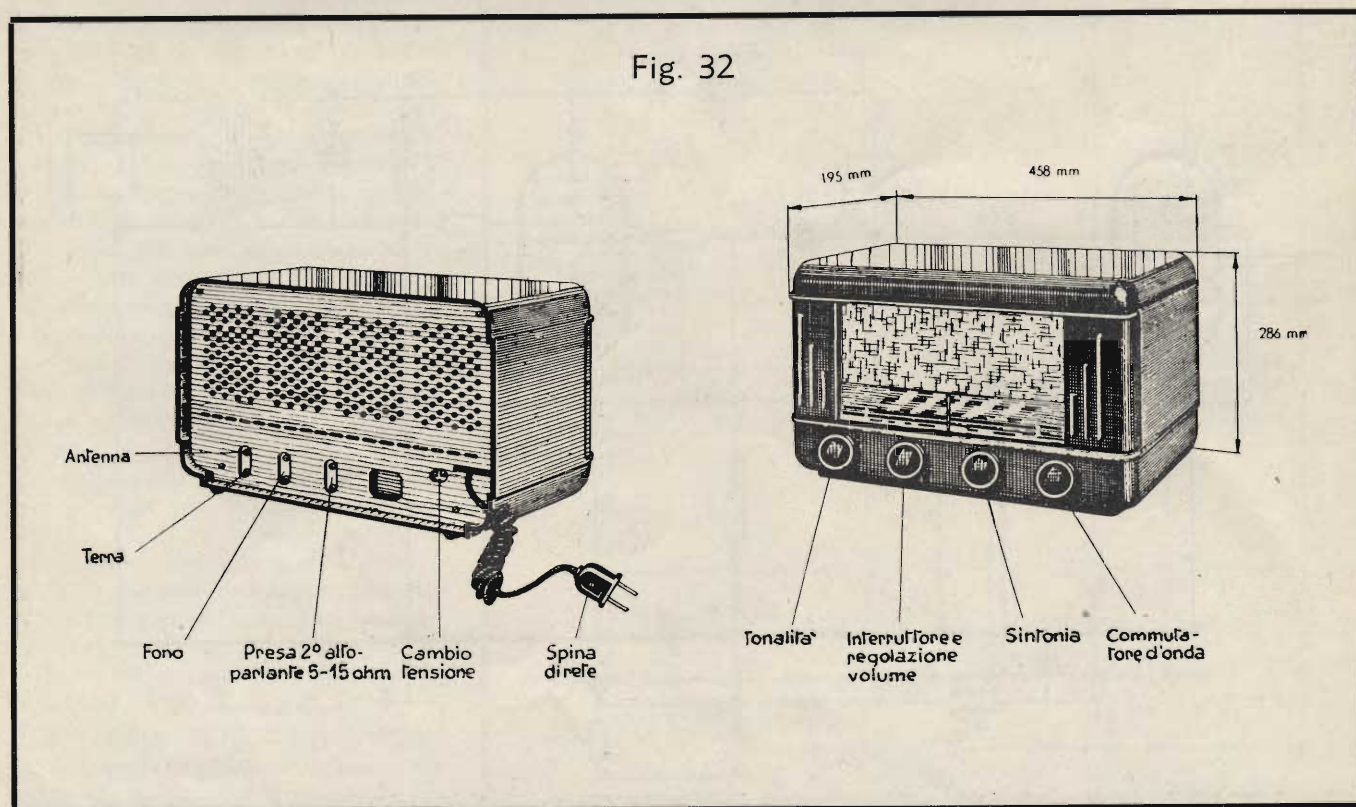



Fig. 32

Le *boccole* (2) sono previste per l'allacciamento di un *secondo altoparlante*, per esempio da sistemare in un locale separato. Nella fig. 32 è visibile l'apparecchio intiero e sono indicati i vari comandi e attacchi. Il *commutatore d'onda*, che nello schema è suddiviso in cinque parti, è naturalmente comandato da un *unico asse*.

Come vedete, separando le varie parti nello schema elettrico, si rende quest'ultimo molto più chiaro ed evidente.

Con questa seconda « passeggiata attraverso un apparecchio radio » avete certamente acquistato una maggiore sicurezza. Vi abbiamo spiegato il funzionamento di tutte le parti e avete senza dubbio compreso come esse collaborino le une con le altre. Ancora un po' di esercizio, e sarete capaci di interpretare lo schema di qualsiasi apparecchio radio di produzione industriale.

Domande

1. Da che cosa si capisce se un apparecchio radio è previsto per l'alimentazione in corrente alternata?

1. Quali sono i sistemi a voi noti per la produzione della polarizzazione negativa di griglia?

3. Quanti e quali sistemi amplificatori sono contenuti nel ricevitore TESA 61 della Ditta Autophon?

4. Da che punto viene prelevata, nel ricevitore TESA 61, l'*AF* per il diodo del controllo automatico di volume?

5. A che cosa è allacciata, nell'apparecchio TESA 61, la seconda griglia di comando della seconda *ECH21*?

6. Come funziona il controllo delle tonalità nell'apparecchio TESA 61?

TELEGRAFIA

APPARECCHI AUSILIARI

Per completare le nostre spiegazioni sugli apparecchi telegrafici, dobbiamo accennare ad un'importante possibilità. Nell'esercizio normale le *telescriventi* e le *linee di telecomunicazione* non possono essere sfruttate completamente, poichè l'operatore è in grado di mantenere la massima velocità di trasmissione possibile solo per brevi istanti. Per lo sfruttamento completo delle possibilità di comunicazione, bisogna ricorrere alla *trasmissione meccanica*. A questo scopo bisogna preparare dapprima i telegrammi da trasmettere.

La perforatrice manuale

La preparazione consiste nel riportare il testo dei telegrammi su un *nastro di carta perforato*, secondo un codice speciale. La *disposizione dei fori*, che rappresentano le singole lettere, corrisponde all'*alfabeto Murray*, come si vede nella figura 33 per la parola « SCHWEIZ » (Svizzera). La *perforatrice* si presenta esternamente come una *macchina da scrivere*. I *tasti* sono collegati con le *barre di codice*, che si spostano verso destra o verso sinistra, come nella telescrivente. Le *barre* comandano *cinque fustelle*, che tranciano nel *nastro di carta* una *combinazione di fori* corrispondente alla lettera da trasmettere. Per esempio, per la lettera *J* (fig. 33) lavorano la *seconda* e la *terza fustella*, mentre le altre rimangono ferme.

Fig. 33

Il *nastro di carta* è munito di una *foratura uniforme* predisposta per il trasporto. Una *ruota a pernietti* ingrana in questi forellini e fa avanzare la carta di una divisione, dopo la tranciatura di ciascuna lettera. Non è difficile immagi-

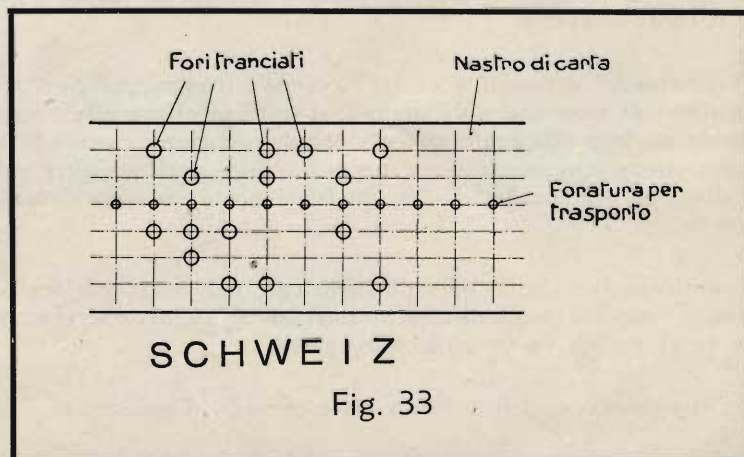
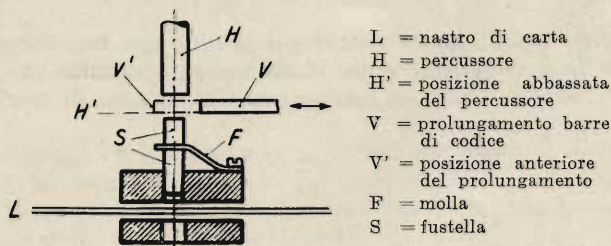



Fig. 34

nare come la diversa posizione delle *barre di codice* possa liberare o bloccare le une o le altre *fustelle*, provocando la perforazione del *nastro* che si sposta nella macchina.

La fig. 34 mostra schematicamente questa parte della *perforatrice*. Il *percussore* (ve ne sono naturalmente cinque) si abbassa fino a trovarsi un po' sopra alla *fustella S*. Solo quando il prolungamento della *barra di codice* viene a trovarsi tra il *percussore* e la *fustella*, quest'ultima riceve il colpo e va a tranciare la carta.

Per gli impulsi di *assenza di corrente*, il prolungamento della *barra di codice* non si porta sotto al *percussore*; non viene quindi tranciato il foro. Eseguita la tranciatura, la *fustella* ritorna nella posizione iniziale per azione della *molla a lamina F*.

Il trasmettitore automatico

La novità essenziale consiste nel modo ,in cui il testo, registrato mediante perforazione, viene trasformato in impulsi di *corrente* e *assenza di corrente*. Esamineremo l'*apparecchio Siemens e Halske*, che permette di vedere in modo concettualmente chiaro come avviene la trasformazione.

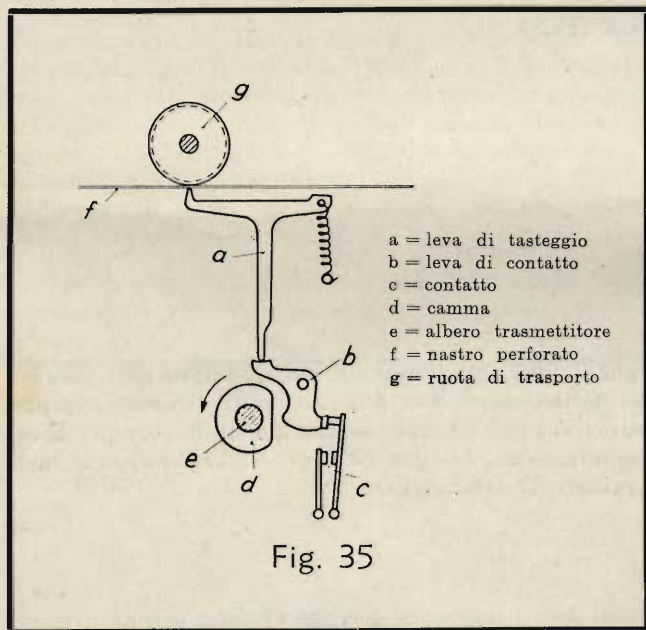



Fig. 35

Gli organi rappresentati nella fig. 35 vanno immaginati *ripetuti cinque volte*. La *ruota di trasporto g* fa avanzare a scatti il *nastro perforato*. Nel breve tempo in cui il *nastro* si arresta davanti al *dispositivo di tasteggio*, le *leve di tasteggio a* si abbassano, se vengono a trovarsi in corrispondenza di un foro, mentre il prolungamento si sposta verso sinistra, sotto l'azione della *molla a trazione*. Rimane quindi libera la *leva di contatto b*.

Poichè il *trasmettitore automatico* trasmette il messaggio ad una comune *telescrivente*, è necessario che esso rispetti il prescritto *sincronismo*. Questo si manifesta nel fatto che, ad ogni giro dell'*albero trasmettitore e*, le *camme d* permettono alle *leve di contatto b* di spostarsi una volta sola. Naturalmente *le cinque camme sono sfasate l'una rispetto all'altra*, come nel trasmettitore della telescrivente, affinchè gli impulsi di codice vengano emessi nella giusta successione. Come abbiamo detto, lo spostamento delle *leve di tasteggio* libera le *leve di contatto b*, le quali s'inclinano nel momento in cui passa la parte piatta della *camma*. In questo istante si chiude il *contatto c* e viene emesso l'*impulso di corrente*. Come avvenga l'*impulso di assenza di corrente*, è ovvio. La *leva di tasteggio* non si sposta, perchè non incontra un foro, e pertanto la *leva di contatto* rimane bloccata e il *contatto* aperto.

Naturalmente è possibile anche *ricevere i telegrammi direttamente sul nastro perforato*. Invece del solito meccanismo di ricezione e di stampa, si applica allora alla telescrivente un *apparecchio perforatore*, costruito in modo analogo alla *perforatrice manuale* menzionata precedentemente. In questo modo i dispacci telegrafici possono essere ritrasmessi senza necessità di batterli un'altra volta. Inoltre il *nastro* dà la possibilità di conservare i dispacci per trasmetterli da qualsiasi posto, automaticamente, ripetendoli, se necessario, quante volte si voglia.

È ovvio inoltre che si possono fabbricare dei *nastri perforati* anche per il comune *telegrafo Morse*. Anche in questo caso col *trasmettitore automatico* si ottengono velocità di trasmissione che superano di gran lunga quelle raggiungibili da un abile telegrafista.

Se vi abbiamo così fornito un certo sguardo d'assieme sugli apparecchi telegrafici, sappiamo però benissimo

di aver descritto solamente alcuni degli apparecchi più importanti. La telegrafia è il ramo più antico della tecnica delle telecomunicazioni ed ha attuato varie realizzazioni, che possiamo però senz'altro trascurare.

Comunque, le nostre spiegazioni possono bastare affinchè, all'occorrenza, possiate rapidamente orizzontarvi in questo campo, nei riguardi di speciali apparecchi.

Domande

1. Quale necessità ha richiesto l'adozione dei nastri perforati?

2. A che si deve se, nella perforatrice manuale, viene tranciato un foro o no?

Risposte alle domande di pag. 25

1. Si riconosce se un apparecchio radio è costruito per l'alimentazione in corrente alternata, dal fatto che possiede un trasformatore di rete e dalle lettere, che contraddistinguono l'accensione nelle sigle delle valvole (*A oppure E*).

2. In pratica, si usa di solito la modulazione automatica o semiautomatica della polarizzazione di griglia.

3. L'apparecchio TESA 61 contiene 4 sistemi amplificatori: la valvola convertitrice di frequenza (eptodo nella prima *ECH21*), la valvola amplificatrice di media frequenza (eptodo della seconda *ECH21*), la preamplificatrice di *BF* (triodo nella seconda *ECH21*) e l'amplificatrice finale (pentodo della *EBL21*).

4. Nell'apparecchio TESA 61 l'*AF*, per il diodo del controllo automatico di volume, viene prelevata prima del secondo filtro di banda, dall'anodo dell'amplificatrice di *MF*.

5. La seconda griglia di comando della seconda valvola *ECH21*, nell'apparecchio TESA 61, è inutilizzata e viene semplicemente collegata con la massa.

6. Il controllo di tonalità nel TESA 61 si ottiene per mezzo di un potenziometro in serie ad un condensatore (C_{28}). Quando il potenziometro è girato, in modo da presentare la minima resistenza, le frequenze superiori sono pressochè cortocircuitate attraverso al condensatore; la tonalità risulta cupa.

Risposte alle domande della presente pagina

1. Per sfruttare meglio le linee telegrafiche bisogna effettuare la trasmissione meccanica. Ciò richiede la perforazione manuale del testo nel nastro di carta.

2. Con la perforatrice manuale il foro viene tranciato quando il prolungamento della barra di codice è spostato in modo, da trovarsi tra il percussore e la fustella.

COMPITI

1. Nella telegrafia d'immagini come è possibile trasmettere un'intiera immagine mediante una sola linea a due fili?

2. Come mai nella telegrafia d'immagini occorre il sincronismo, e come si ottiene?

3. Che cos'è il cercatore di cordone nella centrale automatica Hasler? Qual è il suo compito? Quanto tempo rimane allacciato ad un determinato collegamento?

4. In che modo e attraverso quali stadi intermedi viene comandato il movimento del cercatore di linea nella centrale Hasler, seguendo gli impulsi di selezione?

5. Che cosa succede nella centrale Hasler, quando l'utente chiamato è occupato?

6. Perchè l'elemento al ferro-selenio costituisce un raddrizzatore a secco?

7. Come è possibile che l'abbonato alla telediffusione in *BF* possa, a sua scelta, ascoltare i programmi di telediffusione oppure telefonare?

8. Che cosa occorre per l'abbonato alla telediffusione in *AF*?

9. Qual è la tensione indicata da un misuratore d'uscita con resistenza interna pari a 6000 ohm, quando la potenza d'uscita ammonta a 0,9 watt?

10. Che frequenza deve erogare il secondo oscillatore di un oscillatore a battimenti, per ottenere 1275 Hz, nel caso che il primo oscillatore emetta 99,5 Hz?

11. Che valore devono avere le resistenze del partitore di tensione usato per la produzione semiautomatica della polarizzazione di griglia, qualora la corrente complessiva assommi a 50 mA e le polarizzazioni richieste siano di — 6,5 e — 1,8 V?

12. Come vanno accordati i circuiti del ricevitore TESA 61, per ascoltare Radio Monte Ceneri?

13. Come si ripartiscono le tensioni, in una combinazione in serie di un condensatore da 250 pF con una resistenza da 100 kΩ, alle frequenze di 500 kHz e di 1500 Hz?
Che cosa se ne deduce?

14. Nel trasmettitore telegrafico automatico Siemens come avviene la traduzione del testo perforato in impulsi di *corrente* e di *assenza di corrente*?

DISPENSA N°. 22

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 22

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 22**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Ci avviciniamo rapidamente alla fine del nostro Corso. Dobbiamo soltanto apportare ancora qualche completamento ad alcuni Capitoli e svolgerne altri che trattano delle ultimissime conquiste della tecnica delle telecomunicazioni. La Dispensa N. 21 si è già presentata con questo programma.

Il Capitolo sulla *telegrafia di immagini* rappresenta il ponte che collega i diversi sistemi di *telegrafia* alla *televisione*. Nella *fotocellula* voi avete conosciuto l'organo che consente di trasformare le impressioni luminose in correnti elettriche. Dato il lungo tempo occorrente per la trasmissione, si rese necessario escogitare degli *speciali sistemi di modulazione*, che rendessero possibile l'inoltro delle immagini per via radio. Tra questi sistemi è particolarmente interessante la *modulazione di tempo*, che consiste nel trasformare gli impulsi di corrente fotoelettrica, secondo la loro intensità, in impulsi elettrici di maggiore o minore durata, ma di ampiezza costante.

Per quanto concerne la *telefonia automatica*, avete conosciuto nella precedente Dispensa un *terzo sistema*, che è quello della *Società Hasler*. Esso pure è un sistema indiretto. Oltre al registratore, impiegato anche nel sistema rotativo Bell, si notano in esso i *circuiti marcatori*. Anche i *selettori* sono costruiti in un modo particolare; per il loro modo di funzionare, essi sono chiamati « *cercatori* ».

Nel Capitolo successivo avete fatto conoscenza col *raddrizzatore a secco*. L'elemento al ferro-selenio presenta, nella direzione dal ferro al selenio, una resistenza che è molte migliaia di volte minore di quella che ha nella direzione inversa. La corrente alternata passa quindi in un senso solo, e rimane raddrizzata.

Malgrado lo sviluppo enorme della radio, si apprezzano anche oggi le qualità delle trasmissioni inoltrate per filo. Si ricorre perciò alla *telediffusione* sulle reti telefoniche. Essa può essere realizzata a bassa oppure ad alta frequenza. In quest'ultimo caso si immettono tutti i programmi contemporaneamente sulle linee e si contraddistinguono, come nella radio, mediante differenti onde portanti.

Nel Capitolo sulla *tecnica delle misure* sono stati descritti alcuni apparecchi importanti per il laboratorio radio. Il *generatore di prova* per radioricevitori è un piccolo emittente d'*AF*, la cui frequenza può essere variata a piacere entro ampi limiti. Descrivendo tale apparecchio, abbiamo mostrato come si produce un'*AF* modulata in ampiezza. Un apparecchio analogo, ma destinato alle indagini in *BF*, è l'*oscillatore a battimenti*. Particolarmente importante è il fatto che, per produrre grandissime variazioni di *BF*, bastano modeste variazioni della frequenza di due generatori d'*AF*.

Seguiva la descrizione dello schema di una *supereterodina*, che vi ha procurato senza dubbio molto meno difficoltà di quella precedente. Anche in essa però si è incontrata qualche novità, per esempio la *produzione semiautomatica della tensione di griglia*. Nella parte in *AF*, invece, le principali componenti erano già note, e così pure, nella demodulazione e nella produzione della tensione per il controllo automatico del volume, si può dire che non ci fossero modifiche, rispetto allo schema precedentemente descritto. Anche l'applicazione della controreazione nell'amplificatore finale ci era già nota.

Nell'ultimo Capitolo avete infine conosciuto le macchine *perforatrici* di zona, che costituiscono un importante accessorio delle telescriventi, perchè consentono la veloce *trasmissione meccanica* dei dispacci. Con ciò l'argomento delle telescriventi è esaurito.

TELEVISIONE

CONFRONTI CON LA RADIOTELEGRAFIA D'IMMAGINI E CON IL CINEMATOGRAFO

Siamo ormai arrivati felicemente al punto in cui possiamo occuparci dei più moderni sviluppi della radiotecnica. Nella Dispensa precedente abbiamo già visto quali possibilità sostanziali esistano per la trasmissione elettrica senza fili di un'immagine. Ricapitoliamole.

L'immagine si scompone in singoli punti, ai quali si fa corrispondere, con l'aiuto di una fotocellula, un determinato valore di corrente, dipendente dalla luminosità. Le variazioni di luminosità dell'immagine sono quindi trasformate in fluttuazioni di corrente, ossia in correnti alternate. Queste possono essere trasmesse direttamente attraverso linee, oppure possono servire a modulare un'*AF*, per la trasmissione senza fili. In ogni caso, si possono così ottenere nella stazione ricevente delle correnti corrispondenti alla luminosità dell'immagine trasmessa. Bisogna infine ricomporre questi punti, in modo da ottenere l'immagine primitiva; a questo scopo

è importante il mantenimento del sincronismo tra la scomposizione e la ricomposizione dell'immagine. Si tratta di un'esigenza analoga a quella che si presenta nelle telescriventi.

Ora bisogna osservare che *le immagini trasmesse in televisione non sono fisse, ma devono muoversi*, ed è quindi naturale che si facciano dei ragionamenti analoghi a quelli su cui è basato il cinematografo. Voi sapete, senza dubbio, come si procede per ottenere sullo schermo delle figure animate. Si sfrutta l'*inerzia dell'occhio umano*. Si proiettano, con rapida successione, delle immagini, che si distinguono l'una dall'altra soltanto per un minuscolo spostamento di qualche particolare. Il procedimento è reso evidente soprattutto *nei disegni animati*. Si è trovato che, per dare l'impressione della *continuità dei movimenti*, bisogna presentare all'occhio almeno *25 immagini al secondo*. Naturalmente la pellicola cinematografica non va fatta scorrere nella macchina di proiezione a velocità uniforme, poichè si avrebbe allora una gran confusione e non si potrebbe riconoscere assolutamente nulla. Si otterrebbe, tutt'al più, un'impressione analoga a quella data dal passaggio a piccola distanza di un corridore automobilistico, lanciato alla massima velocità. Nel cinematografo pertanto la pellicola deve muoversi a scatti. Ciascuna immagine deve restare ferma per un brevissimo istante. La stessa necessità si presenta durante la ripresa cinematografica, poichè anche allora la pellicola sensibile deve spostarsi a scatti. Le macchine da presa sono costruite in modo, da esporre la pellicola soltanto per dei brevissimi istanti, durante i quali l'oggetto è praticamente immobile.

Facciamo un po' di conti, per vedere quante immagini occorrono per un film della durata di 60 minuti. Calcolando 25 immagini al secondo, otteniamo in un'ora 3600 . 25 = *90 000 immagini*.

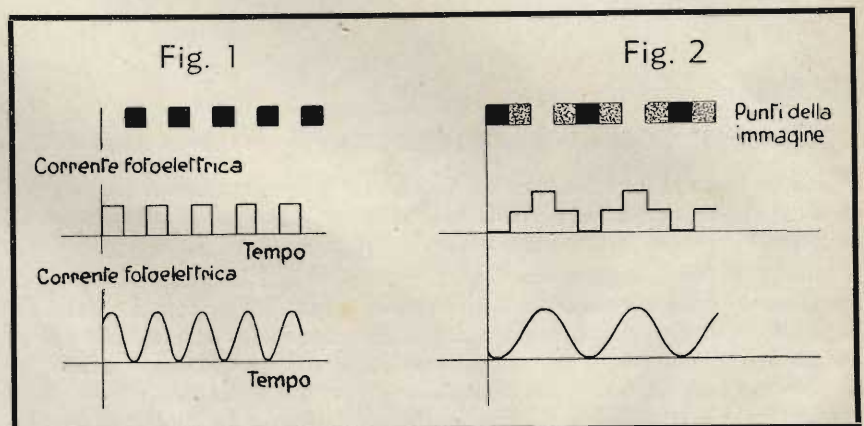
Perciò, benchè ciascun'immagine misuri soltanto pochi centimetri, risultano delle pellicole lunghe dei chilometri!

Dopo questa breve divagazione, torniamo alla *televisione*. Vediamo un po' di trasmettere le 25 immagini al secondo necessarie, col sistema della *telegrafia d'immagini*. Che delusione! ci accorgiamo che, per la trasmissione di una sola immagine, occorrono più di 10 minuti! La velocità di trasmissione nella *televisione* deve essere ben 10 . 60 . 25 = 15 000 volte maggiore. Questo numero è molto eloquente: esso dimostra subito la *principale difficoltà della televisione*. Qualsiasi sistema *lento* di trasmissione d'immagini era perciò *da escludere* e si fu quindi costretti a cercare un sistema che consentisse di *scomporre più rapidamente le immagini*.

Per ottenere una riproduzione di qualità equivalente a quella della *telegrafia d'immagini*, bisogna ovviamente suddividere l'immagine in altrettante linee e punti. Per formarci un'idea consideriamo *la norma usata oggi in Europa*. *L'immagine trasmessa* ha la forma di un *rettangolo* con un *rapporto dei lati* (larghezza ad altezza) di 4 : 3. Essa è suddivisa in *625 linee orizzontali*, e ciascuna di queste in $\frac{625 \cdot 4}{3}$ = circa 833 punti. Calcoliamo il *numero dei punti al secondo*: troviamo che sono 625 . 833 . 25 = *13.020.833 punti*. È un numero enorme e cercheremo di figurarci ciò che esso significa.

Ricordiamo anzitutto che dobbiamo trasmettere delle *fluttuazioni di corrente* o *di tensione elettrica*, ossia dei *fenomeni di corrente alternata*. La massima fluttuazione, che in pratica non capiterà mai, si avrebbe, se in una linea si avessero *punti bianchi e neri susseguentisi* alternativamente (fig. 1). Supponiamo che una *fotocellula* esplori questa linea: la corrente da essa erogata assumerà l'andamento rappresentato in mezzo. Poichè la linea viene esplorata con velocità uniforme, invece della distanza dei punti si può indicare sull'asse orizzontale il *tempo*. Risulta quindi che, ad ogni punto, corrisponde un intervallo di tempo pari a $\frac{1}{13\,020\,833}$ *secondi*, ossia circa $77 \cdot 10^{-9}$ secondi. L'andamento della corrente corrispondente a punti bianchi e neri alternati può essere interpretato, approssimativamente, come una sinusoide (curva in basso). Del resto ciò corrisponde anche effettivamente alla realtà, poichè in qualsiasi immagine il passaggio dal chiaro all'oscuro è sempre graduale. Concludendo, vediamo che la successione di punti bianchi e neri viene rappresentata da un'onda sinusoidale col periodo di $2 \cdot \frac{1}{13\,020\,833}$ secondi ossia $0{,}154 \cdot 10^{-6}$ sec e quindi dalla frequenza di $6{,}5 \cdot 10^{6}$ Hz ossia 6,5 MHz. Se invece nell'immagine ci fossero sempre *2 punti bianchi*, uno dopo l'altro, e poi *2 punti neri*, si otterrebbe la metà di tale frequenza, ossia 3,25 MHz.

Nella fig. 2 abbiamo, tra i punti bianchi e neri, anche un *punto grigio*. Misurando però la distanza, per esempio dal centro di un punto nero al centro di quello successivo, si contano ancora quattro punti, e si vede che la frequenza corrispondente è di 3,25 MHz. Considerando il fatto che il raggio elettronico non esplora punto per punto, ma che *spazza* con moto continuo l'immagine, e che esso, per quanto sottile, possiede una certa larghezza, si comprende che i punti adiacenti vengono automaticamente più o meno uguagliati. La suddivisione dei chiaroscuri indicata nella fig. 1 ha d'altronde un valore puramen-

te teorico, per trovare la relazione con una determinata frequenza. Nelle immagini reali il passaggio dal chiaro allo scuro è quasi sempre lento e i posti, in cui tale passaggio avvenga repentinamente, sono rari. La frequenza di 6,5 MHz, da noi precedentemente calcolata, in pratica non si raggiunge quindi quasi mai.

È facile poi immaginare in che modo si formino le frequenze meno elevate. Se, per esempio, tutta una linea presenta la stessa luminosità, si ottiene una corrente costante per un tempo di $\frac{1}{625 \cdot 25} = \frac{1}{15625}$ $= 64 \cdot 10^{-6}$ sec, ossia 64 microsecondi. Se la luminosità variasse alternativamente da una linea all'altra, ne risulterebbe una frequenza di $\frac{1}{2 \cdot 64 \cdot 10^{-6}}$ $= 7812$ Hz $= 7{,}812$ kHz.

Con ciò abbiamo menzionato brevemente alcune frequenze, e particolarmente la *massima*, che possono intervenire nella modulazione delle trasmissioni televisive. È ovvio che, oltre a tali frequenze, si possono avere tutte le frequenze intermedie.

Risulta da questi ragionamenti che la banda di frequenze necessaria per la *televisione* comprende alcuni megahertz e presenta pertanto un'*ampiezza quasi mille volte maggiore di quella occorrente per le radiotrasmissioni*. Nella fig. 3 è rappresentato graficamente l'*andamento della luminosità di una linea in un'immagine*. Come vedete, *in televisione non avviene più la scomposizione per punti, ma si ottengono delle variazioni continue lungo una linea*. Infatti non si presenta qui l'esigenza, che esiste invece nella *telegrafia d'immagini*, di produrre un retino direttamente utilizzabile per la stampa. Le *fluttuazioni della corrente* contengono la *modulazione*, ossia il cosiddetto « *segnale d'immagine* ».

Fig. 3

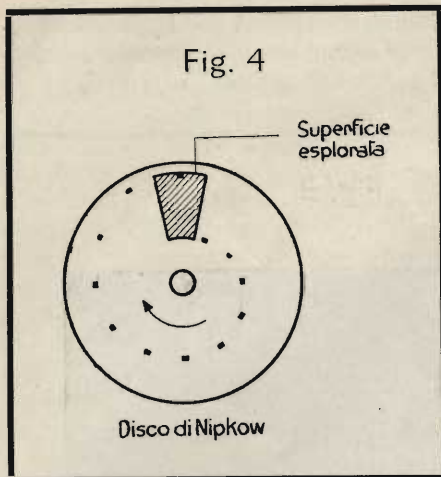
Per terminare questi ragionamenti d'ordine generale dobbiamo dare un breve cenno sulle *frequenze portanti* usate in *televisione*. Effettuando la *modulazione* di un'*AF* portante col *segnale d'immagine*, si ottiene naturalmente una *banda di ampiezza doppia*, quindi circa 13 MHz. Se volessimo caricare questa banda, per esempio, su una *frequenza delle onde medie*, otterremmo una bella confusione, perchè la frequenza modulante sarebbe maggiore della frequenza portante! Tutto quanto il campo delle *onde medie* non è sufficiente per contenere un'unica trasmissione televisiva! Le *fluttuazioni della frequenza* sarebbero poi relativamente tanto forti, da rendere impossibile la *sintonia* mediante circuiti accordati e perfino un'emissione uniforme attraverso l'antenna trasmittente. Soltanto nel campo delle *altissime frequenze* si possono avere a disposizione le larghe bande di frequenza occorrenti per la *televisione*.

Una semplice regola empirica dice che, *per realizzare una discreta trasmissione televisiva, occorre una frequenza portante equivalente a 10-20 volte l'ampiezza della banda di modulazione*. Ponendo come massima frequenza di modulazione circa 4 MHz, si viene a richiedere una portante situata per lo meno nel campo da 40 a 70 MHz, che appartiene alle cosiddette « *onde ultracorte* ». Diverse stazioni televisive, attualmente già in esercizio, lavorano effettivamente in questo campo, per es. *Londra*, con la portante per l'immagine di 45 MHz.

LA SCOMPOSIZIONE MECCANICA DELLE IMMAGINI

Facciamo una piccola ricapitolazione storica e consideriamo le singole tappe dello sviluppo della *televisione*. I primi *dispositivi per la scomposizione delle immagini* non erano altro che dei perfezionamenti delle apparecchiature per la *radiotelegrafia d'immagini* e funzionavano pertanto *meccanicamente*. In altre parole, possedevano delle parti che dovevano essere azionate da un *motore*.

1. Il disco di Nipkow.

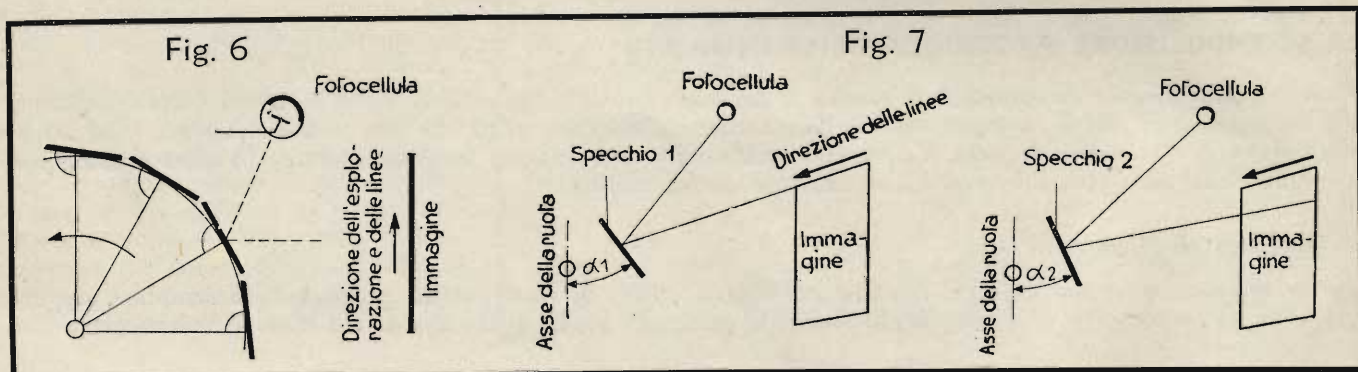
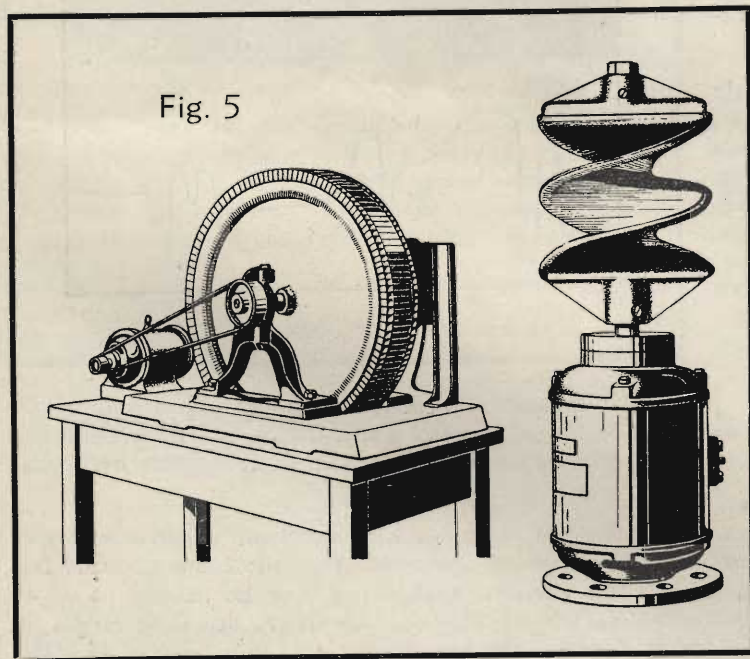
Questo *disco* fu inventato da Paul Nipkow nel lontano 1884. Si tratta di un procedimento semplice, eppure elegante, *per scomporre un'immagine in linee*. Il principio risulta dalla fig. 4. Un *disco* circolare porta una

serie di *fori*, disposti su una *linea a spirale*. Il settore tratteggiato nella figura rappresenta l'immagine da *esplorare*, posta dietro al *disco di Nipkow*. Quando il disco gira, il *primo foro* esplora la *prima linea* in alto dell'immagine. Il *secondo foro* è disposto in modo, da iniziare l'esplorazione della *seconda linea* esattamente nell'istante, in cui il primo foro esce a destra dalla superficie dell'immagine. La *distanza radiale dei fori* deve quindi corrispondere alla *larghezza del punto ossia della linea*.

La *distanza dei fori sull'arco di cerchio* corrisponde invece alla *larghezza dell'immagine*. È facile comprendere che l'esplorazione dell'immagine avviene linea per linea, procedendo dall'alto verso il basso. È ovvio poi che il *numero dei fori* deve essere *uguale al numero delle linee*. Il *numero di giri al secondo* del disco corrisponde invece al *numero d'immagini*. Per assicurare l'uniformità dell'esplorazione, poichè la velocità dei fori è diversa, secondo la loro distanza dal centro del disco, bisogna che la grandezza del disco non sia inferiore a un dato valore. Il *raggio del disco* dev'essere uguale a *circa cinque volte l'altezza dell'immagine*: in tal caso quest'ultima risulta pressochè rettangolare.

L'esplorazione avviene mentre il *disco di Nipkow* gira a velocità costante davanti all'immagine illuminata uniformemente. Il *raggio* che attraversa il disco, e la cui intensità corrisponde alla luminosità dell'immagine, viene convoglaito da una *lente convergente* ad una *fotocellula sensibile*, che lo trasforma in *corrente elettrica*. Nel 1939 venne realizzata un'apparecchiatura basata su questo principio, che lavorava con 441 linee, un numero non sensibilmente inferiore all'attuale norma. La principale difficoltà nel *disco di Nipkow* consiste nell'*elevata precisione* necessaria per la foratura. Perfezionando il sistema, si passò alla *foratura su spirale doppia*, effettuando l'esplorazione con 2 giri per ciascuna immagine e riducendo il numero di fori, per ciascuna spirale, alla metà. È inutile però che approfondiamo maggiormente la cosa, poichè oggi si impiegano altri sistemi.

2. Ruota a specchi e vite a specchi

Questi altri due sistemi sono basati sulla *rotazione di specchi* (fig. 5). Trattandosi per entrambi del medesimo principio, basta che consideriamo la *ruota a specchi*. Sulla circonferenza di una *ruota* sono disposti tanti *specchi piani*, quante sono le linee in cui va scomposta l'immagine. L'*inclinazione degli specchi* rispetto all'*asse* della ruota deve *aumentare da uno specchio all'altro*, in modo che quello successivo rifletta la linea successiva, inviandone l'intensità luminosa alla *fotocellula*. Inoltre gli *specchi* devono esser disposti in modo che, quando la ruota gira, il *raggio* luminoso, che colpisce la *fotocellula*, provenga sempre *da un solo punto di uno specchio*, esplorando così linea per linea. Nella fig. 6 si vede come varia l'inclinazione degli specchi, per poter esplorare tutte le linee; dalla fig. 7 si riconosce in che modo si effettua lo spostamento del raggio . A sinistra si vede il *primo specchio*, che fa cadere sulla *fotocellula* la luce proveniente dalla *prima linea*, mentre invece il *secondo specchio*, a destra, avendo un'altra inclinazione, riflette la *seconda linea*. L'inclinazione degli specchi è stata naturalmente esagerata in queste figure, per renderle più comprensibili.

Queste brevi descrizioni sono sufficienti per soddisfare il vostro interesse storico. La qualità della riproduzione richiesta oggi presuppone dei sistemi di scomposizione più sufficienti, che vedremo ora.

L'ESPLORAZIONE A RAGGI CATODICI

Malgrado le costruzioni più raffinate, quando si usavano dei sistemi meccanici non era possibile, nella scomposizione delle immagini, superare un determinato limite. Poichè per esplorare una superficie con un raggio luminoso occorreva muovere uno *specchio* oppure un *diaframma*, si dovevano, per forza, subire le limitazioni dovute all'inerzia della materia. Potendo invece spostare il solo raggio con una forza adatta...

Certamente vi è venuta ora un'idea. Se il *raggio luminoso* fosse un *raggio di elettroni*, esso potrebbe essere spostato con l'aiuto di *campi elettrici* (e, aggiungiamo noi, anche di *campi magnetici*, come vedremo tra breve). Voi pensate all'*oscillografo a raggi catodici*, dove il *raggio di elettroni*, viene infatti spostato attraverso lo schermo dalle tensioni applicate.

Nel vostro entusiasmo siete però andato troppo in là, dimenticando che, dapprima, si tratta di risolvere il problema della trasformazione di un *raggio di luce* in un *raggio di elettroni*. Tuttavia il lavoro preliminare è già fatto.

Nella Dispensa precedente abbiamo conosciuto la *fotocellula al cesio*. Quando la luce cade sul *catodo di cesio*, vengono emessi degli *elettroni*, in quantità dipendente dall'intensità luminosa.

1. Il tubo dissettore

Parleremo dapprima di questo dispositivo, che rafforza bene le nostre considerazioni. Esaminandone i difetti, troveremo meglio la strada verso i dispositivi più perfezionati. La particolarità di questo apparecchio consiste nel *catodo fotoelettrico a vasta superficie*, il quale è ricoperto di *cesio*. Un sistema di *lenti* proietta l'immagine da trasmettere su questo catodo. *Il numero di elettroni, emesso in ciascun punto, dipende dall'intensità luminosa dell'immagine.* Con ciò è risolta la prima parte del problema; l'*immagine ottica* è trasformata in una *immagine costituita da raggi elettronici.*

Ora viene l'esplorazione. Serve a ciò, anche in questo sistema, un *diaframma*; con la differenza, però, che qui *non è il diaframma che ruota, ma il fascio di raggi elettronici contenente l'immagine, che viene spostato elettricamente.* Descriveremo in seguito più dettagliatamente come avviene tale spostamento. Per ora basti dire che *il raggio viene guidato rapidamente davanti al diaframma per mezzo di una tensione a dente di sega, che lo fa spostare orizzontalmente.* Nello stesso tempo *un'altra tensione a dente di sega agisce verticalmente, per portare davanti al diaframma tutti i punti del fascio di raggi elettronici.* Non è difficile comprendere che *la frequenza dello spostamento orizzontale equivale al numero di linee moltiplicato per il numero di immagini al secondo, mentre lo spostamento verticale dipende soltanto dal numero di immagini.*

Si viene così a guidare il fascio di elettroni in modo, che tutti i punti dell'immagine, contenuti in esso, vadano a cadere, una volta in ciascuna esplorazione, sopra un diaframma fisso. Non si muovono quindi che gli *elettroni*; tutte le parti dell'apparecchiatura sono fisse e pertanto l'inerzia della massa non ha più alcun effetto.

Come ultima operazione, bisogna *raccogliere gli elettroni che attraversano il diaframma, provocando un impulso di corrente corrispondente alla luminosità del punto esplorato.* Ecco così che *le variazioni dell'intensità luminosa sono trasformate in questa corrente variabile nel tempo, che può costituire la modulazione di un trasmettitore di televisione.*

Per quanto questo sistema appaia, a prima vista, chiaro e vantaggioso, esso possiede tuttavia un *grave difetto.* La *corrente di modulazione* è formata infatti *soltanto da quegli elettroni che vengono emessi nell'istante dell'esplorazione.* Data, per esempio, un'immagine quadrata a 625 linee, ciascun punto partecipa all'erogazione degli elettroni soltanto per $\frac{1}{625 \cdot 625} = \frac{1}{390\,625}$ del tempo di esplorazione di un'immagine. *La sensibilità del tubo dissettore è quindi bassissima*; per rendere possibile la riproduzione televisiva, occorre un'intensissima illuminazione del soggetto, che procuri quella minima intensità del *segnale d'immagine*, indispensabile per poter poi procedere all'amplificazione. Di qui la necessità di costruire delle *apparecchiature di ripresa dell'immagine particolarmente sensibili.* Per la trasmissione di *dispositivi* e di *pellicole* il *tubo dissettore* può invece esser impiegato molto bene e viene spesso usato anche oggi.

2. L'accumulazione dell'emissione

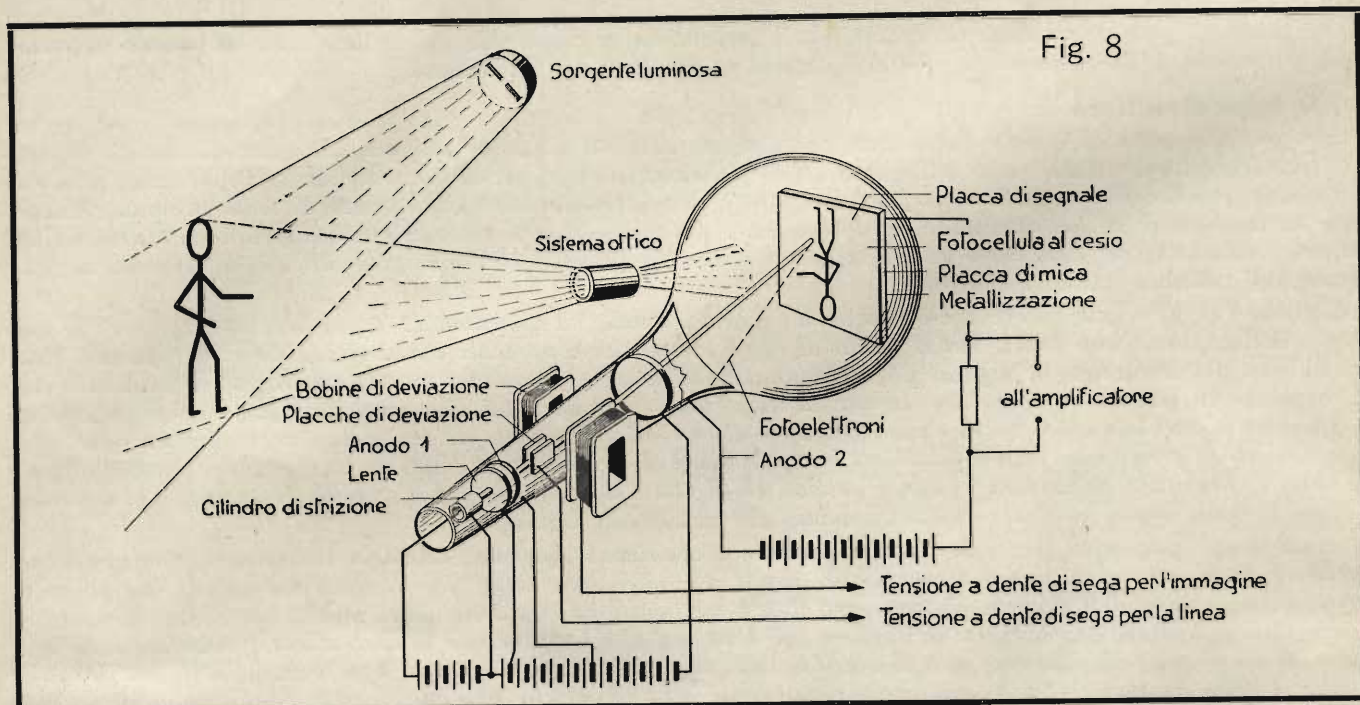
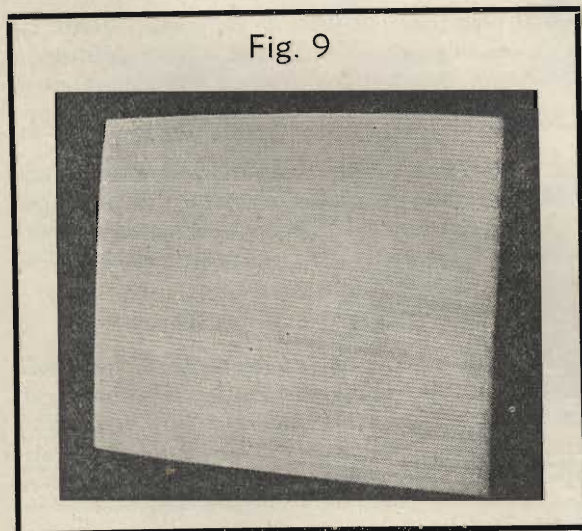
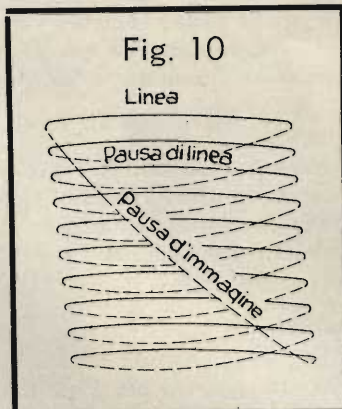
Per aumentare la sensibilità del tubo per la ripresa televisiva si cercò un sistema che permettesse di usufruire di tutti gli elettroni emessi dal *catodo fotoelettrico* per l'intiera durata dell'esposizione. Si tratta, in sostanza, di tenere in serbo questi elettroni fino alla successiva esplorazione. *In teoria* si otterrebbe un *aumento di sensibilità*, rispetto al *tubo dissettore*, pari al numero dei punti dell'immagine, ossia *di circa 200 000 volte.* In pratica, nel tubo costruito secondo questi concetti, chiamato« *iconoscopio* », non ci si avvicina nemmeno lontanamente a ciò; purtuttavia *il guadagno rimane enorme.*

Ora ci interessa il principio che consente di *tenere in serbo* gli elettroni. L'esposizione del catodo alla luce provoca l'emissione di elettroni. Lo *strato attivo* perde quindi degli elettroni e assume perciò una *carica positiva.* Più lunga è la durata dell'illuminazione, e maggiore diviene il numero degli elettroni emessi e quindi *la carica positiva del catodo fotoelettrico.* Bisogna soltanto *fare in modo che gli elettroni emessi vengano subito assorbiti, affinchè non possano causare dei disturbi.*

Successivamente si fa passare sopra l'*elettrodo caricato positivamente* un *raggio catodico di esplorazione.* In tal modo si forniscono nuovi elettroni alla *placca fotoelettrica*, neutralizzando le cariche positive. La *corrente di neutralizzazione* determinata dal raggio di esplorazione contiene il *segnale d'immagine*; è sfruttata così, come si voleva, una *durata assai più lunga di esposizione.* Esamineremo ora un tubo di questo genere, per studiare l'applicazione dei precedenti ragionamenti, per constatarne i risultati pratici e trovarne gli eventuali difetti.

3. L'iconoscopio

L'apparecchio sul quale vogliamo studiare l'applicazione del principio sopra descritto è rappresentato schematicamente nella fig. 8. Come tutti i tubi elettronici, anche l'*iconoscopio* è contenuto in un *bulbo di vetro evacuato*, e ricorda da molti punti di vista il tubo a raggi catodici. Il collo del bulbo (in basso a sinistra) contiene *le medesime parti del tubo di Braun*: *catodo emittente, cilindro di Wehnelt, lente elettrica, costituita da anodo e anodo ausiliario*.

A differenza dal tubo a raggi catodici, nel quale si distingue tra le *placche di misura* e *quelle dell'asse del tempo*, qui *entrambe le coppie di placche producono la deviazione del raggio automaticamente*. *Una delle due coppie è anzi sostituita da bobine*; ciò significa che *la relativa deviazione avviene per effetto magnetico*. Spiegheremo tra breve come ciò sia possibile. Del resto si fa sovente uso della possibilità di comandare i raggi elettronici mediante campi magnetici.

Le parti finora considerate servono esclusivamente *per produrre e guidare il raggio esplorante*. Nelle figure 9 e 10 si vede la traiettoria percorsa dal raggio sopra l'immagine. La parte più importante del tubo è costituita dalla *placca di segnale*, visibile in alto a destra, nella testa del bulbo. Questa placca è costituita da *tre strati*; in ciò risiede il segreto del dispositivo, ma anche le difficoltà della sua fabbricazione.

Il *supporto di base* è una *placca isolante di mica*. Sulla faccia nascosta della placca (verso destra) è applicato uno *strato d'argento*, che serve da *elettrodo sensibile*. La faccia anteriore della *placca di mica* porta invece il *catodo fotoelettrico* propriamente detto. Questo non è però uno strato omogeneo e continuo; è costituito invece da un *finissimo mosaico o retino di microscopiche gocce di ossido di cesio, giacenti sulla mica e isolate le une dalle altre*. *L'oggetto da trasmettere per televisione viene riprodotto, mediante un sistema ottico di lenti, su questa placca a mosaico*. Ciò avviene, come principio, nello stesso modo come in un apparecchio fotografico. Il quantitativo di elettroni emessi dipende dall'intensità luminosa. Questi elettroni vengono assorbiti dall'*anodo 2*. Sulla placca rimane il *mosaico, caricato positivamente*, dato che le singole cellule che lo compongono sono isolate le une dalle altre. Ripetiamo che, durante tutta la durata dell'esposizione, vengono emessi elettroni fotoelettrici da tutta quanta la superficie dell'immagine, producendo così, nell'annesso *circuito amplificatore*, una *corrente continua* proporzionale alla luminosità media. Durante l'esplorazione ciascuna cellula del *mosaico* assorbe tanti elettroni, quanti ne occorrono per neutralizzare la propria carica positiva. Ciascuna particella del *mosaico*, che assieme allo *strato d'argento*

costituisce un *piccolo condensatore*, viene scaricata. Le *correnti di scarica* attraversano la *resistenza d'entrata dell'amplificatore*, producendovi una *tensione*. Questa costituisce appunto il *segnale d'immagine*, dato che la carica di ciascuna cellula era proporzionale alla corrispondente luminosità. È ovvio che il *numero delle particelle* costituenti il *mosaico* fotoelettrico dev'essere per lo meno uguale al *numero di punti* nei quali si vuole scomporre l'immagine. In realtà le goccioline di cesio sono notevolmente più piccole di un punto dell'immagine.

Da quanto abbiamo visto finora, l'*iconoscopio* sarebbe un apparecchio ideale di elevata sensibilità; ma purtroppo c'è un guaio, dovuto agli elettroni secondari.

Il *raggio esplorante* deve *spazzare* molto rapidamente l'immagine ed è pertanto costituito da *elettroni velocissimi*.

Colpendo il *catodo fotoelettrico*, essi producono degli *elettroni secondari*, cosicchè non solo *non si annulla la carica positiva, ma questa viene addirittura aumentata*. È interessante però il fatto che l'*esplorazione provoca sempre un aumento della carica fino ad una tensione determinata, di circa + 3 volt, rispetto all'anodo 2*. Sarete deluso nel constatare che la speranza di poter conservare le cariche accumulatesi durante l'esposizione non si sia potuta realizzare come si voleva: tuttavia vediamo meglio come vanno le cose.

Come risulta dalla fig. 11, l'*andamento della tensione tra due successive esplorazioni è differente, a seconda che si tratti di una cellula esposta o non esposta alla luce*. Immediatamente dopo l'esplorazione la tensione è uguale in tutte le cellule, ma un istante prima dell'esplorazione successiva vi è una sensibile differenza.

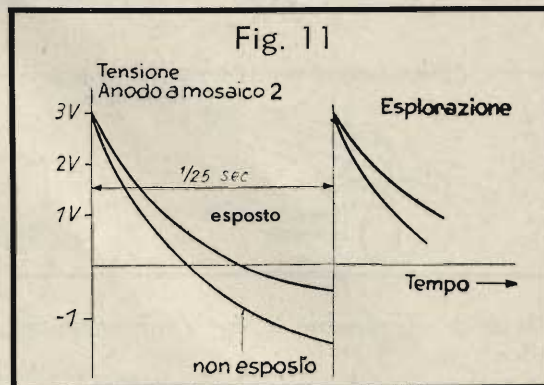
Vorrete giustamente sapere come sia possibile che le *cellule* modifichino la loro carica, dal momento che sono tutte isolate le une dalle altre. Abbiamo parlato poco fa degli *elettroni secondari*, spiegando come essi siano fastidiosi, ma senza dire ove essi vadano a finire. Le *celluline fotoelettriche*, subito dopo l'esplorazione, hanno una *carica positiva* e attraggono perciò gli *elettroni secondari*, emessi dalle *cellule adiacenti* per effetto del raggio esplorante. La tensione delle varie cellule ha quindi la tendenza di livellarsi. Intanto, assorbendo gli elettroni liberi, la tensione delle *cellule* diminuisce. *Se però una cellula è esposta alla luce, essa emette elettroni per effetto fotoelettrico e di conseguenza la sua tensione diminuisce più lentamente*, come risulta dalla curva superiore della fig. 11.

La differenza tra la tensione di una cellula esposta e quella di una cellula non esposta alla luce costituisce il segnale d'immagine. Il segnale si ottiene per il fatto che il raggio esplorante produce meno elettroni secondari in una cellula esposta che in una cellula illuminata. La carica assorbita da ciascuna cellula, nell'istante dell'esplorazione, determina un'analoga corrente attraverso all'elettrodo d'argento ed alla resistenza d'entrata dell'amplificatore.

Vediamo quindi che, malgrado l'esistenza degli *elettroni secondari*, si ottiene ugualmente un *segnale di immagine*, anche se la sensibilità del dispositivo non raggiunge l'elevato valore teorico risultante dall'accumulazione degli elettroni fotoelettrici, emessi tra un'esplorazione e l'altra.

Comunque la sensibilità è già buona; d'altronde l'*iconoscopio* ha successivamente subito dei miglioramenti.

Domande

1. Quali dispositivi meccanici sono stati usati in televisione per la scomposizione delle immagini?
2. Come avviene l'esplorazione delle immagini col disco di Nipkow?
3. Da che cosa dipende il valore della massima frequenza di modulazione ottenuta nella televisione?
4. Per quali ragioni i dispositivi di esplorazione a raggi elettronici sono superiori ai dispositivi meccanici?
5. Da che cosa dipende la maggiore sensibilità dell'iconoscopio nei confronti del tubo disettore?
6. Qual è il maggior difetto dell'iconoscopio?

ELETTROTECNICA GENERALE

LA DEVIAZIONE MAGNETICA DEL RAGGIO ELETTRONICO

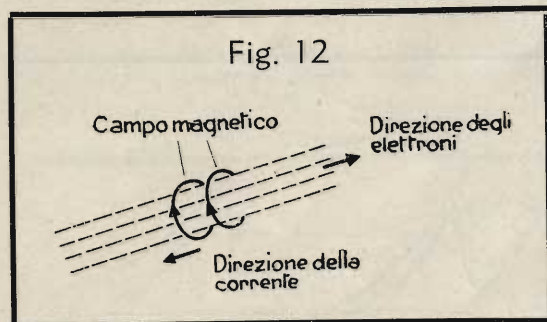
Abbiamo accennato varie volte al fatto che *il raggio di elettroni può essere deviato anche magneticamente*. Per spiegare questo effetto, dobbiamo ripetere alcune nozioni. È noto che, portando all'incandescenza un catodo caldo, questo emette degli elettroni. Sotto l'azione della tensione acceleratrice, gli elettroni si dirigono verso l'anodo positivo. La valvola è quindi attraversata dalla medesima corrente che circola nel circuito esterno: anche gli *elettroni volanti* costituiscono infatti un *flusso di corrente*, come gli elettroni che scorrono nei fili.

In precedenza avete appreso che *un conduttore percorso da corrente è deviato, quando si trova in un campo magnetico*. È ovvio che gli elettroni circolanti nel conduttore contribuiscono attivamente a creare questo effetto. I *raggi catodici* non sono altro che *fasci di elettroni* lanciati attraverso il tubo di Braun, e *vengono perciò deviati dal campo magnetico* come un conduttore percorso dalla corrente. Valgono pertanto le stesse leggi che abbiamo conosciuto nella Dispensa N. 4. La cosiddetta « *Regola della mano sinistra* » consente di stabilire la direzione nella quale il raggio viene deviato. Dobbiamo però tener presente che *la direzione convenzionale della corrente va dall'anodo al catodo, cioè nel senso inverso al moto degli elettroni*. Dal fatto che gli *elettroni in movimento* costituiscano una *corrente* si può trarre anche un'altra conclusione, e cioè che *ogni elet-*

trone in movimento, come ogni conduttore percorso da corrente, produce un campo magnetico. L'azione del campo magnetico sugli elettroni in movimento si riduce quindi ad un esempio del noto fenomeno dell'attrazione o della repulsione tra i campi o i poli magnetici. D'altro canto, possiamo fare un'importante constatazione:

Gli elettroni immobili non subiscono alcun'azione da parte dei campi magnetici.

Poichè il campo magnetico circonda come un anello il raggio elettronico che lo produce, *le linee di forza magnetiche si trovano nei piani perpendicolari alla direzione del moto degli elettroni.* Anche in questo caso la *Regola del cavatappi per il conduttore diritto* consente di determinare la direzione delle linee di forza magnetiche (fig. 12) (vedasi Dispensa N. 5).

Fig. 12

Affinchè un campo magnetico costante possa esercitare la massima forza su un singolo elettrone in moto, e quindi su tutto il fascio di elettroni, bisogna che il campo agisca parallelamente alle linee di forza prodotte dall'elettrone stesso, ossia perpendicolarmente alla traiettoria di quest'ultimo. Se il campo magnetico è parallelo al fascio di elettroni, l'effetto è nullo. Si possono poi avere tutti i valori intermedi, a seconda dell'*angolo* tra il *campo magnetico* ed il *fascio di elettroni.*

Prima di esaminarne le due applicazioni più importanti per la *televisione,* vediamo un caso relativamente semplice.

L'elettrone nel campo magnetico

Nella fig. 13 i *punti* significano le *linee di forza di un campo magnetico uniforme,* il cui polo nord si trova sopra il piano del disegno, mentre il polo sud è supposto al di sotto. La *direzione dell'elettrone* nel punto *A* è indicata dalla *freccia.* Secondo la *Regola della mano sinistra,* l'elettrone viene *deviato verso destra.* Supponiamo che, in mancanza del campo magnetico, l'elettrone segua a velocità costante una traiettoria rettilinea. Poichè il campo magnetico esercita la sua forza soltanto perpendicolarmente alla direzione del moto dell'elettrone, essa non ne può modificare la velocità. L'effetto di questa forza si traduce unicamente nella *curvatura della traiettoria* dell'elettrone, mentre *la velocità rimane costante.* Riassumendo, possiamo formulare la seguente importante legge fisica:

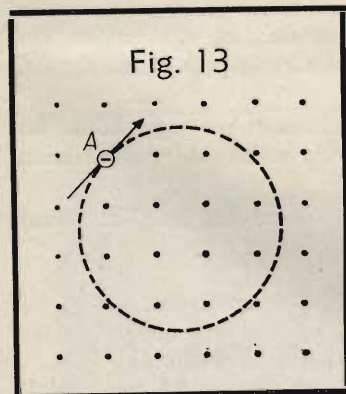
Il campo magnetico non altera la velocità degli elettroni, ma provoca unicamente la curvatura della loro traiettoria.

Ne consegue la semplice constatazione che, *per modificare la velocità di un elettrone, ossia per accelerarlo o frenarlo, bisogna agire con una tensione, ossia con un campo elettrico.*

Fig. 13

Come risulta dalla fig. 13, un elettrone, che si muove in un campo magnetico perpendicolare alla direzione del moto, traccia un'*orbita circolare.* Ciò, supposto naturalmente che non agisca alcun campo elettrico. Che l'*orbita* debba essere un *cerchio,* è evidente, a condizione che tanto la velocità dell'elettrone, quanto l'intensità del campo rimangano invariate. Infatti la forza deviatrice ha in qualsiasi punto dell'orbita la stessa grandezza, cosicchè si ottiene ovunque la medesima curvatura e quindi un *movimento circolare.* Il raggio del cerchio aumenta, se la velocità dell'elettrone è maggiore, oppure se l'intensità del campo è minore. Ciò è ovvio, se si pensa che, quando il campo si annulla, l'elettrone segue una linea retta, la quale può essere considerata equivalente ad un *cerchio con raggio di grandezza infinita.*

La deviazione magnetica

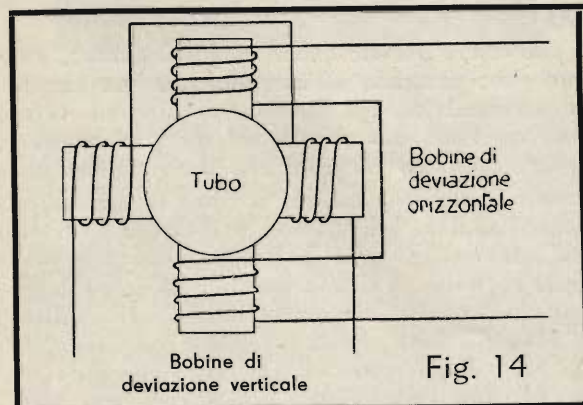
Dopo queste riflessioni, consideriamo il *dispositivo per la deviazione magnetica di un raggio elettronico.* Invece delle *placche di deviazione,* usate nel tubo a raggi catodici, abbiamo delle *bobine* percorse da corrente. Come per la *deviazione elettrica del raggio di elettroni* occorre una *tensione a dente di sega,* così per la *deviazione magnetica* ci vuole una *corrente a dente di sega.*

La fig. 14 mostra schematicamente la *disposizione delle bobine magnetiche.* Le *bobine opposte* creano assieme un *campo magnetico.* Da quanto abbiamo spiegato più sopra, sapete come agiscono le bobine. Poichè la deviazione avviene nella direzione perpendicolare alle linee di forza ed al movimento degli elettroni, *le bobine collocate orizzontalmente fanno spostare il raggio in senso verticale, e viceversa.* Si intende che il movimento degli elettroni va immaginato perpendicolare al piano del disegno, diretto verso l'osservatore. Mentre le *placche di deviazione* dovevano essere montate nell'interno del tubo, le *bobine di deviazione* possono essere semplicemente *appoggiate esternamente.* È però necessario evitare con la massima cura che dei *campi magnetici dispersi* possano penetrare nell'interno del tubo e deviare il raggio in modo indesiderato. Si provvede perciò ad una *speciale schermatura*

Fig. 14

delle bobine mediante un *involucro di ferro*. Il cosiddetto « *giogo di deviazione* », che porta le *bobine*, diventa così nell'aspetto simile allo statore di un piccolo motore elettrico.

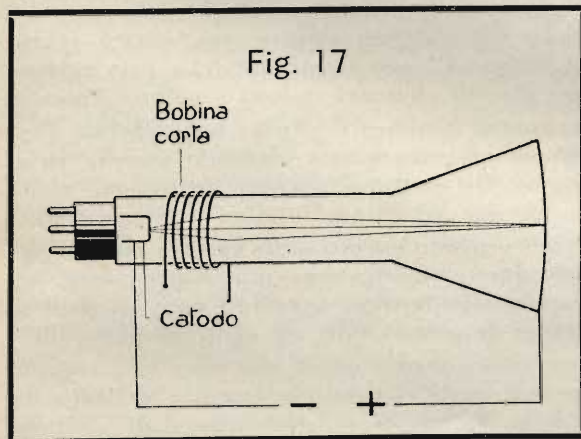
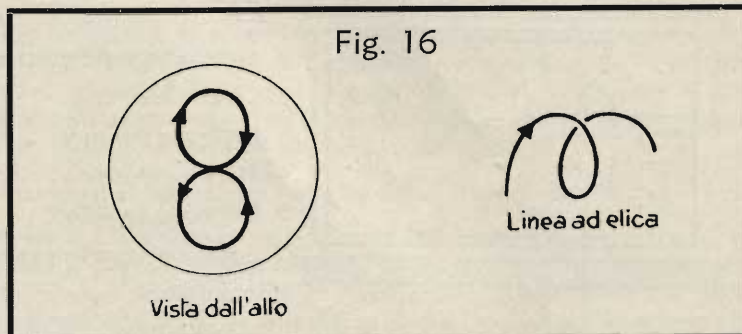
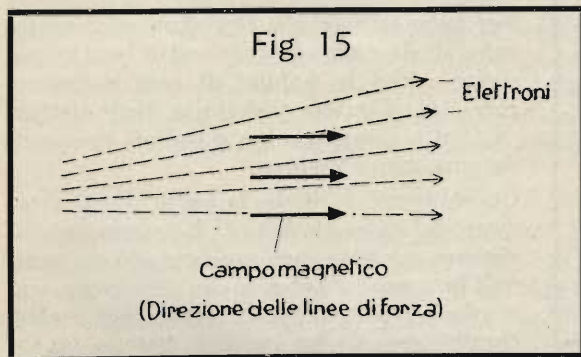
Sovente la *deviazione complessiva* del raggio, per l'esplorazione della superficie intera dell'immagine, si attua in un senso *magneticamente*, nell'altro *elettricamente*.

La lente elettromagnetica

Il *tubo di Braun per scopi di misura* possiede una *lente* elettrica, costituita dall'*anodo* e dall'*anodo ausiliario*, che serve *a mettere a fuoco il raggio*, cioè *riunisce gli elettroni in un fascio sottilissimo*. Data la possibilità di agire sugli elettroni con un *campo magnetico*, non vi stupirà di apprendere che si può *mettere a fuoco il raggio catodico anche magneticamente*.

Fig. 15

Fig. 16

Fig. 17

La *messa a fuoco*, o *concentrazione del raggio*, è indispensabile, perchè gli elettroni, emessi dal *catodo* ed attratti dall'*anodo*, hanno la tendenza di allontanarsi gli uni dagli altri; infatti essi si respingono a vicenda, com'è mostrato nella fig. 15. Vediamo un po' quale dev'essere la *direzione del campo magnetico* per ottenere l'effetto desiderato. Gli elettroni che si muovono esattamente nel centro del raggio non devono essere influenzati dal campo magnetico, perchè seguono la giusta direzione. Se produciamo quindi un campo, le cui linee di forza siano parallele alle traiettorie mediante degli elettroni, queste non saranno deviate. Invece i *raggi divergenti*, che non sono quindi paralleli al campo magnetico, *vengono deviati* in direzione perpendicolare al campo magnetico ed al movimento degli elettroni. Poichè queste due ultime direzioni non sono più perpendicolari tra loro, non si ottengono delle traiettorie circolari; si ha invece un *movimento circolare* e, nello stesso tempo, un *notevole spostamento nella direzione primitiva*. La composizione dei due moti, di *spostamento rettilineo* e di *rotazione*, produce un *movimento elicoidale*; e realmente gli elettroni che si scostano dal centro del raggio, vi ritornano seguendo una *linea ad elica*.

Nella fig. 16 si vedono le traiettorie degli elettroni che girano attorno alla retta mediana del raggio e, nel contempo, avanzano, seguendo una linea a spirale. Gli elettroni non sono sempre nel centro del fascio, ma vi ritornano ad ogni giro. *Regolando l'intensità del campo magnetico, si può stabilire il punto nel quale gli elettroni si riuniscono tutti nel centro del raggio*.

Il *campo magnetico, orientato assialmente* nella stessa direzione degli elettroni, si produce mediante una *bobina avvolta concentricamente attorno al tubo elettronico*. Si potrebbe ritenere, a tutta prima, che la *bobina* dovesse esser avvolta su tutta la lunghezza del tubo, attraversata dal raggio elettronico. In realtà basta invece, nella maggioranza dei casi, una *bobina corta*, la quale consente infatti ugualmente di far tornare gli elettroni nel centro, alla giusta distanza (fig. 17).

Dopo aver conosciuto il principio delle *lenti elettromagnetiche*, possiamo esaminare come sono costruiti i *tubi televisivi* che fanno uso del *comando magnetico dei raggi elettronici*.

Domande

1. Quali sono i metodi che permettono di comandare i raggi elettronici?
2. Quale traiettoria viene percorsa da un elettrone proiettato perpendicolarmente in un campo magnetico?
3. Quale direzione deve presentare il campo magnetico usato per la messa a fuoco del raggio elettronico?

TELEFONIA

IL PRINCIPIO DELL' "ORTHIKON„

Nell'ultimo paragrafo abbiamo visto che gli *elettroni secondari* impediscono nell'*iconoscopio* di utilizzare intieramente le cariche accumulatesi nel periodo dell'esplorazione. Per aumentare la sensibilità del *tubo televisivo* bisognava dunque sviluppare un sistema che sopprimesse gli *elettroni secondari*. Come sapete, gli *elettroni se-*

condari vengono prodotti dall'urto di *elettroni veloci* contro un adeguato materiale solido. Gli *elettroni* relativamente *lenti* non presentano questo inconveniente. C'è però un'altra difficoltà, e cioè che non è facile raccogliere in un fascio e mettere a fuoco gli *elettroni* cosiddetti « *lenti* », anche se essi posseggono una velocità che, normalmente, si considera enorme, essendo di qualche centinaio fino a 1000 chilometri al secondo.

Qualsiasi *dispositivo elettrico* per la messa a fuoco produce una *forte accelerazione degli elettroni*. Che avviene invece se la messa a fuoco si fa *magneticamente?*

Abbiamo già conosciuto un'importante proprietà del *campo magnetico*: esso *devia gli elettroni senza modificarne la velocità*. È questa la ragione, per la quale oggi si adottano volentieri le *lenti magnetiche*. Nel *tubo televisivo* « *Orthikon* » si impiegano degli *elettroni lenti* ed è perciò necessario che la *bobina di concentrazione* racchiuda l'intiera traiettoria degli elettroni. Tutto l'apparecchio è quindi ricoperto da una *lunga bobina*.

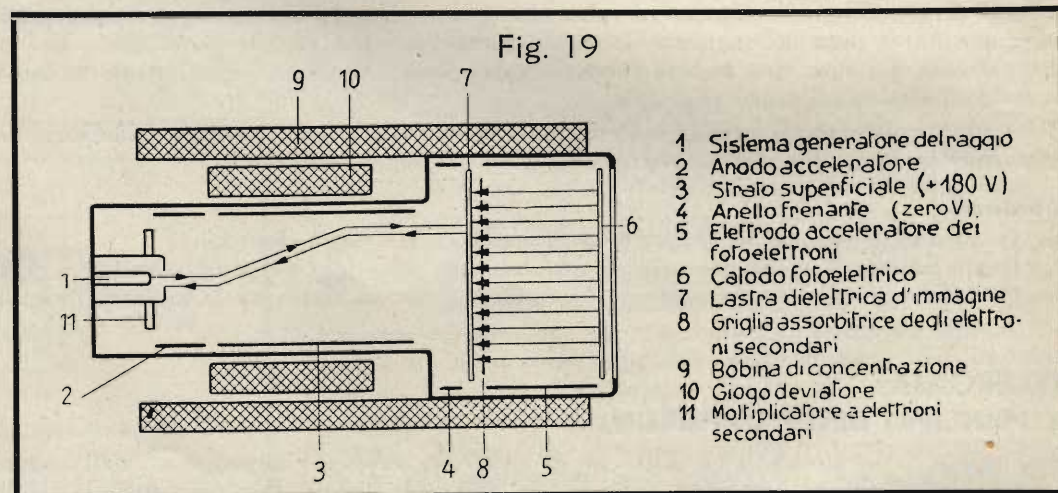
Questa non è però che la particolarità esteriore del *tubo Orthikon*. È interessante il sistema adottato per *guidare gli elettroni nell'interno del tubo*, e che seguiremo servendoci della fig. 18. Il sottile *raggio elettronico* esce da un normale *catodo incandescente*, seguito da una *griglia* che funge da *diaframma*, limitando cioè la *larghezza del raggio*. Segue un *anodo*, costituito da un *cilindro aderente alla parete del tubo* e portato alla tensione di qualche centinaio di volt. Gli *elettroni* attraversano questo spazio con la velocità che corrisponde a tale tensione, ossia *circa 10 000 km/sec*. La *concentrazione* del raggio avviene per effetto dell'apposita *bobina magnetica*, la quale impedisce così che gli elettroni vadano a colpire l'*anodo*. All'estremità del tubo, immediatamente prima del *catodo fotoelettrico a mosaico*, è situato uno *speciale elettrodo*, la cui tensione è identica a quella del *catodo emittente*. Di conseguenza, questo *elettrodo* esercita un'*azione frenante* sugli elettroni, *diminuendone la velocità fin quasi a zero*. Gli *elettroni*, divenuti *lenti*, sono molto adatti per l'esplorazione del *catodo fotoelettrico*.

Ora viene una cosa importante, ma quasi ovvia. Gli *elettroni frenati* vengono *attratti dalle cariche positive del mosaico* e, depositandosi su questo, le neutralizzano. Poichè, però, queste cariche sono più o meno forti, secondo l'illuminazione del punto considerato, ne consegue che il raggio deve fornire, secondo i casi, un numero maggiore o minore di elettroni; in altre parole, non sempre verranno impiegati tutti gli elettroni disponibili. Appena la carica positiva è neutralizzata, gli elettroni non vengono più attratti; *quelli che sono in sovrappiù invertono quindi la loro direzione e tornano indietro*. Infatti agisce ora sugli elettroni la tensione del *cilindro anodico*, accelerandoli nella direzione inversa. Subendo l'effetto della *bobina di concentrazione*, gli elettroni superstiti si dirigono verso il *catodo*, da cui sono stati emessi e in vicinanza del quale vengono catturati da un apposito *elettrodo*.

Il *raggio emesso* possiede in qualsiasi istante *la medesima intensità*. Il *raggio che ritorna* è invece *attenuato più o meno*, secondo il valore della carica compensata in quell'istante sul *mosaico fotoelettrico*. *L'attenuazione del raggio è proporzionale alla luminosità dell'immagine e contiene quindi il segnale d'immagine.*

Nel prossimo paragrafo esamineremo uno degli apparecchi più moderni che funzionano su questo principio.

L'Orthikon a immagine intermedia (Image-Orthikon)

Con questo apparecchio, rappresentato schematicamente nella fig. 19, l'evoluzione si può considerare giunta ad un certo termine. È stata infatti raggiunta una *sensibilità ormai molto vicina a quella dell'occhio umano*. Questo apparecchio consente perfino la *ripresa d'immagini di notte all'aperto*. Si può apprezzare il significato di questo fatto, se si pensa all'intensa illuminazione che occorre invece per

le riprese cinematografiche e le fotografie. Sono state superate così le maggiori difficoltà che si opponevano alle trasmissioni televisive di spettacoli teatrali e di manifestazioni sportive.

La lastra dielettrica d'immagine

Possiamo ora discutere le altre aggiunte riportate nella fig. 19. Per quanto riguarda la *sensibilità*, il *catodo fotoelettrico a mosaico* non è una soluzione particolarmente favorevole. L'effetto è molto maggiore, se si impiega un *catodo fotoelettrico continuo*, senza suddivisioni. Un *catodo* di questa specie può essere *sottilissimo*, anzi addirittura *trasparente*, e allora è possibile proiettare l'immagine ottica sulla *faccia posteriore del catodo fotoelettrico*, senza ridurre sensibilmente il rendimento della trasformazione della luce in elettricità. In modo contrario a quello dell'*iconoscopio*, un tubo costruito secondo questo principio può essere di *forma diritta* e venire quindi *orientato direttamente verso l'immagine da riprendere*. Ma ecco l'artifizio interessante. Mediante una *tensione positiva*, si accelerano gli elettroni emessi dal *catodo fotoelettrico* e si fanno cadere con forte velocità sulla *lastra dielettrica d'immagine intermedia*. Si provoca così l'emissione di *elettroni secondari* da parte di questa *lastra*, che costituisce *la parte più importante e più sensibile di tutto il tubo. Gli elettroni secondari sono in numero maggiore degli elettroni primari provenienti dal catodo fotoelettrico, e perciò sulla lastra dielettrica (che è fatta di vetro) si viene a costituire una carica diffusa corrispondente in tutto all'immagine ottica proiettata sul catodo fotoelettrico, la quale è in tal modo trasformata in un'immagine formata da cariche elettriche.*

I *requisiti tecnici* per questa *lastra di vetro* sono quanto mai severi. Lo *spessore della lastra* è di circa $\frac{1}{200}$ mm, eppure essa deve essere *perfettamente piana e uniforme*. L'*isolamento superficiale* deve essere così eccellente, da garantire che *le cariche non possano livellarsi durante il periodo di esplorazione* (1/25 di secondo). D'altro canto *si vuole esplorare la lastra a mezzo di un raggio elettronico proiettato sul lato posteriore*. Affinchè ciò sia possibile, bisogna che *la lastra presenti una notevole conduttività elettrica attraverso il suo spessore*. Per conservare le qualità richieste d'*isolamento* e di *conduttività*, è necessario *mantenere la lastra a temperatura costante. Durante l'esplorazione, gli elettroni proiettati dal raggio catodico si fermano sulla superficie posteriore della lastra in quantità maggiore o minore, a seconda della carica positiva accumulatasi sulla superficie anteriore. Le cariche allora si neutralizzano e successivamente, per effetto dell'esposizione alla luce, si formano nuove cariche positive da utilizzare per il successivo ciclo di esplorazione.*

Moltiplicatori ed elettroni secondari

Prima di considerare il funzionamento dell'apparecchio nel suo complesso, ne discuteremo una parte che trova frequente applicazione proprio nella *televisione*; si tratta del cosiddetto « *moltiplicatore a elettroni secondari* ».

Non è sempre possibile amplificare con *amplificatori a valvole* le *correnti momentanee, estremamente deboli*, che si presentano, per esempio, nell'esplorazione delle immagini televisive. Si segue, in questi casi, una via differente. La *corrente di elettroni* viene *amplificata* sfruttando l'effetto della formazione di *elettroni secondari*.

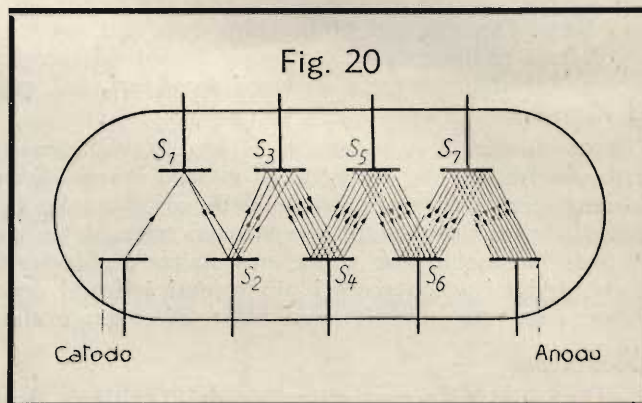
Si accelerano gli *elettroni primitivi* e si fanno cadere su un *elettrodo*, ove essi sprigionano degli *elettroni secondari*. Questi raggiungono il *prossimo elettrodo*, costituendo una *corrente elettronica di maggiore intensità*, ma sempre proporzionale alla corrente primitiva. Il giuoco si ripete varie volte, ottenendo sull'*ultimo elettrodo* una *corrente elettronica che costituisce un multiplo della corrente iniziale*.

Fig. 20

La fig. 20 dimostra in modo schematico e facile il procedimento. *La tensione aumenta da un elettrodo all'altro, fino all'anodo, ove l'amplificazione ottenuta è già notevole.* Il vantaggio precipuo sta nel fatto che gli elettroni primari non devono esser condotti attraverso elementi esterni, come negli *amplificatori a valvole*, subendovi svariati effetti di disturbo, come per esempio il fastidioso *fruscio* delle *resistenze*. Gli *elettrodi di rimbalzo* sono coperti da uno *strato di cesio*, che è particolarmente favorevole per l'*emissione di elettroni secondari*.

Il funzionamento dell'apparecchio completo

Il funzionamento dell'intiero apparecchio della fig. 19 è ora facile da comprendere. Vediamo il procedimento seguito nella realtà. La *scena da trasmettere per televisione* viene proiettata, attraverso un *sistema di lenti ottiche*, sul *catodo fotoelettrico piano* (6). Lo *strato di cesio*, applicato sul lato posteriore della *lastra* uniforme e non suddivisa, emette degli *elettroni fotoelettrici*. Sotto l'influenza della *bobina di concentrazione* (9), gli *elettroni procedono in linea retta*, accelerati dall'*elettrodo* (5). Essi attraversano la *griglia* (8) e cadono sulla *lastra dielettrica d'immagine intermedia* (7), dalla quale liberano degli *elettroni secondari*. Questi non devono, naturalmente, ricadere sulla *lastra*, altrimenti cancellerebbero l'immagine elettrica. Compito della *griglia*, che dista dalla *lastra dielettrica* soltanto circa 2 centesimi di millimetro ed è costituita da un gran numero di *finissime maglie*, è di *assorbire gli elettroni secondari*. La *griglia* possiede, a questo scopo, una lieve *tensione positiva* verso la *lastra di vetro*, che le permette di attirare gli elettroni.

L'immagine ottica proiettata sul catodo fotoelettrico è riprodotta così sulla lastra di vetro sotto forma di immagine costituita da cariche elettriche positive. Si può quindi procedere all'*esplorazione di quest'immagine*.

Per seguire il procedimento usato per l'esplorazione, partiamo dall'estremità sinistra dell'apparecchio. Il *catodo di emissione* (1) produce un *sottile raggio elettronico*, nel modo che già conosciamo. Il raggio viene messo in moto dall'*anodo d'accelerazione* (2) e dallo *strato superficiale* (3), che corrisponde al *cilindro anodico* della fig. 8, e viene diretto verso la *lastra d'immagine intermedia*. Il *campo magnetico* prodotto dalla *bobina di concentrazione* (9) fa sì che gli *elettroni* procedano sempre riuniti *in un raggio sottile*. Il *giogo di deviazione* (10) è costituito dalle coppie incrociate di bobine, che abbiamo conosciuto nel paragrafo sulla *deviazione magnetica*. *Qui il raggio viene deviato in modo da esplorare linea per linea tutta l'immagine.*

Abbandonati i *campi magnetici di deviazione*, il *raggio* procede nuovamente *in direzione parallela all'asse del tubo*, grazie all'influenza della *bobina di concentrazione*. Come sapete, il campo prodotto da questa bobina, essendo orientato in senso assiale, guida gli elettroni lungo delle ripide *traiettorie ad elica*. Poco prima che gli elettroni colpiscano la *lastra dielettrica*, la loro velocità viene ridotta fortemente per effetto dell'*anello frenante*. Allo stesso modo, come una *tensione positiva* (quella diretta dal *catodo* all'*anodo acceleratore*) imprime agli elettroni una determinata velocità, così una *tensione diretta in senso contrario* (dall'*anodo acceleratore* all'*anello frenante collegato col catodo*) ne provoca la *frenatura*. Quando gli elettroni colpiscono la *lastra d'immagine intermedia*, la loro velocità è talmente ridotta, da escludere qualsiasi pericolo di disturbi per emissione di *elettroni secondari*.

Come è stato descritto più sopra, il *raggio di elettroni lenti* cede l'esatto numero di elettroni occorrenti per neutralizzare la carica positiva localizzata sull'altro lato della lastra. Naturalmente *bisogna che il raggio possa fornire tanti elettroni da compensare anche le cariche più forti, che corrispondono ai punti chiari dell'immagine*. Il *raggio*, così ridotto, *inverte la propria direzione* e ritorna ad attraversare la zona permeata dai *campi magnetici di concentrazione e di deviazione*. Gli elettroni vengono accelerati nella direzione inversa dallo *strato metallico positivo* applicato alla *parete del tubo* e si dirigono parallelamente verso il *catodo*. Però, nel frattempo, il *campo di deviazione* si è *modificato*. Un piccolo calcolo dimostrerà ciò che è avvenuto nel tempo impiegato dal raggio per andare e tornare dalla *lastra dell'immagine intermedia*. Senza timore di sbagliare in troppo, possiamo ammettere una *velocità media di 1000 km/sec* (corrispondenti ad una *tensione di accelerazione* di poco meno di 4 V, vedasi formula 66). Data una *lunghezza utile del tubo* di 10 cm, *il raggio impiega per l'andata e il ritorno* un tempo di $\frac{2 \cdot 10 \text{ cm}}{1000 \text{ km/sec}} = \frac{2 \cdot 10 \text{ cm}}{10^6 \text{ m/sec}} = \frac{2 \cdot 10}{10^8} \text{ sec} = 2 \cdot 10^{-7}$ sec. Con 625 linee per immagine e 25 immagini al secondo, l'*esplorazione di una linea dura* $\frac{1}{625 \cdot 25} \text{ sec} = \frac{1}{15625} \text{ sec} = 0{,}64 \cdot 10^{-4}$ *secondi*.

Nel tempo di $2 \cdot 10^{-7}$ sec viene quindi *esplorato un tratto* pari a $\frac{2 \cdot 10^{-7}}{0{,}64 \cdot 10^{-4}} \approx 3 \cdot 10^{-3}$ ossia *3 millesimi di una linea*. Dunque, nel tempo impiegato dal *raggio* per tornare al *moltiplicatore*, il *campo* è variato un pochino, sì; ma praticamente così poco, da potersi completamente trascurare. Il *raggio* attraversa dunque nuovamente il *moltiplicatore a elettroni secondari*, nel quale si ottiene una *notevole moltiplicazione degli elettroni di ritorno*.

È bene ripetere che, mentre il *catodo fotoelettrico* emette un *numero di elettroni maggiore* quando è illuminato più fortemente, il *raggio di ritorno* invece *diventa più debole*, quanto più numerosi sono gli elettroni occorrenti per la neutralizzazione delle cariche sulla *lastra dell'immagine intermedia*. Il *segnale d'immagine* è quindi, in un certo senso, *invertito*; si tratta di un segnale *negativo*. È un fatto che dobbiamo ricordare, se pure per il momento non abbia importanza per la trasformazione dell'immagine in correnti elettriche. Con ciò siamo arrivati a conoscere i più recenti sviluppi dei *tubi per la ripresa televisiva*; sappiamo ora in che modo l'immagine venga suddivisa in *valori di corrente elettrica*.

Domande

1. Qual è la differenza essenziale dell'Orthikon rispetto all'iconoscopio?
2. Quali esigenze si richiedono per la lastra d'immagine intermedia del sistema Image-Orthikon?
3. Qual è il principio del moltiplicatore a elettroni secondari?
4. Nel sistema Image-Orthikon, alla maggiore luminosità dell'immagine corrisponde una corrente d'uscita maggiore o minore?

TECNICA DELLE MISURE

MISURA DELLA FREQUENZA

Con lo sviluppo della tecnica dell'alta frequenza, le gamme d'onde impiegate andarono sempre più estendendosi. Si presentò quindi la necessità di *misurare le lunghezze d'onda*, tanto più che la *frequenza* è la grandezza che, nella moderna tecnica dell'*AF*, riveste importanza fondamentale. Furono escogitati dei procedimenti sempre più sensibili, per poter corrispondere alle sempre maggiori esigenze di precisione. Il *frequenziometro* costituisce naturalmente un requisito indispensabile di qualsiasi laboratorio di studio. Le conclusioni teoriche si possono formulare soltanto, quando si è in possesso dei risultati di misure esatte. L'intiera scienza delle comunicazioni elettriche non è altro che una *tecnica della trasmissione di bande di frequenze variabili*, sovrapposte mediante modulazione a frequenze vettrici costanti.

Fra i comuni apparecchi usati per la *misura della frequenza*, esamineremo soltanto quelli che presentano una grande importanza nel campo dell'*AF*. Lo strumento usato nella tecnica delle *correnti forti*, il *frequenziometro a lamine*, è stato già descritto nella Dispensa N. 4. Le *lamine d'acciaio*, capaci di vibrare meccanicamente,

sono sottoposte all'azione di un *elettromagnete* percorso dalla corrente alternata. Come si vede nella fig. 38 della Dispensa N. 4, una delle lamine vibra fortemente, indicando il valore della frequenza.

Nella tecnica delle *misure acustiche*, invece, si impiegano spesso delle *reti speciali*, composte da *resistenze* e *capacità*, simili al *ponte di Wheatstone*; esse si *azzerano* manovrando degli elementi variabili. Dalla posizione degli *organi d'azzeramento*, quando è ottenuto l'equilibrio, si determina il *valore della frequenza* incognita.

Desideriamo menzionare infine un apparecchio, nel quale il *valore della frequenza* si legge direttamente su una *scala*, senza dover compiere alcuna operazione di messa a punto. L'idea è semplice, ma convincente. Come sapete dalla Dispensa N. 10, la *reattanza capacitiva* dei condensatori diminuisce col crescere della frequenza. Ciò è espresso particolarmente dalla formula (29). Se si misura quindi la corrente che attraversa un dato *condensatore*, mantenendo costante la tensione sinusoidale applicata, si ottiene un *valore direttamente proporzionale alla frequenza*. Lo strumento di misura, che è generalmente uno *strumento a bobina mobile con raddrizzatore a secco*, può essere tarato direttamente in hertz. In pratica si manifestano tuttavia alcune difficoltà, per la qual cosa la precisione del *frequenziometro a indicazione diretta* non è molto elevata. Per la tecnica dell'*AF* esistono apparecchi molto migliori.

L'ondametro a risonanza

Mentre nel campo delle frequenze basse e industriali si parla generalmente di « *frequenziometri* », nella tecnica dell'*AF* è usata l'espressione « *ondametri* ». Si pensa infatti più alla *lunghezza delle onde* che alla *frequenza delle oscillazioni*. Naturalmente *non esiste alcuna differenza sostanziale tra le due espressioni*. Nel campo delle *frequenze più elevate*, nel quale si impiegano numerosi circuiti oscillanti accordati, si è cercato appunto di servirsi del *fenomeno della risonanza*.

La fig. 21 mostra un semplice schema adatto allo scopo, del quale esamineremo ora il funzionamento. La parte essenziale del dispositivo è costituita dal *circuito risonante*, formato dalle *induttanze* L_1 ed L_2, nonchè dal *condensatore variabile* C, collegati in serie. La *massima ampiezza della corrente* nel circuito si ottiene per la *frequenza di risonanza* $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C(L_1 + L_2)}}$

Il *condensatore variabile* può essere dotato naturalmente di una *scala* tarata in unità di *lunghezza d'onda*. La distanza tra le divisioni della scala dipende dalla forma delle armature del condensatore .Se però accoppiamo rigidamente le *bobine* L' e L_3 al *circuito oscillante*, andiamo incontro ad un'amara sorpresa, perchè la *frequenza di risonanza cambia*; il dispositivo darebbe quindi indicazioni errate. Per questa ragione l'*accoppiamento* delle bobine L' ad L_1 e L_2 ad L_3 dev'essere *leggerissimo*; in tal modo si evita qualsiasi reazione sul *circuito risonante*. Lo strumento indicatore dev'essere quindi un *galvanometro sensibilissimo a bobina mobile*, dotato di un *raddrizzatore di misura*, in modo da indicare la *corrente alternata ad AF*. Come *raddrizzatore* si impiega un *detector a cristallo* oppure un *diodo*. Quest'ultimo presenta l'inconveniente di richiedere l'accensione. I *detector a cristallo* si possono oggi regolare in modo così stabile, da garantire un'indicazione sicura.

Per la misura si allaccia la bobina L' alla sorgente della tensione ad *AF*. Spesso basta addirittura avvicinare l'intiero apparecchio alla sorgente, senza necessità di alcun collegamento. Successivamente si gira il *condensatore variabile* fino ad ottenere un'indicazione apprezzabile. Qualora l'*ondametro* dovesse servire per una vasta gamma di frequenza, bisogna prevedere la possibilità di commutare le bobine, come negli apparecchi radio.

Per le *onde cortissime* si impiegano generalmente dei *condensatori fissi* e si modifica l'*induttanza*. Il funzionamento può essere spiegato con l'aiuto della fig. 22. Un *cursore* scorre sopra un *arco di filo di rame* nudo. È possibile in tal modo scegliere un *valore d'induttanza variabile* a piacere. Il passaggio da un campo di misura all'altro si fa *commutando il condensatore*.

Per questo apparecchio si usa la denominazione di « *ondametro ad assorbimento* ». Esso infatti assorbe energia per effettuare la misura, cosicchè non può essere impiegato quando l'energia disponibile è troppo scarsa. Benchè la precisione di questo dispositivo di misura non sia molto elevata, tuttavia esso è usato assai spesso per la sua costruzione semplicissima, soprattutto dove si richieda un *controllo rapido*.

L'ondametro a interferenza

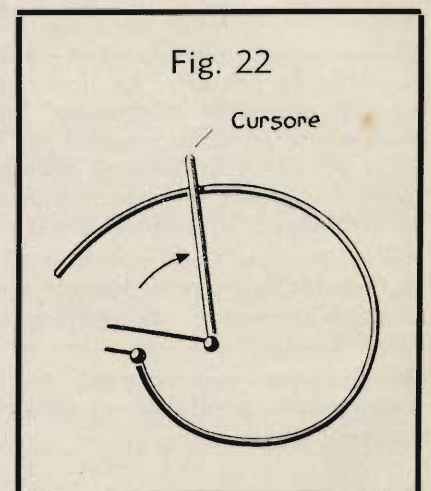
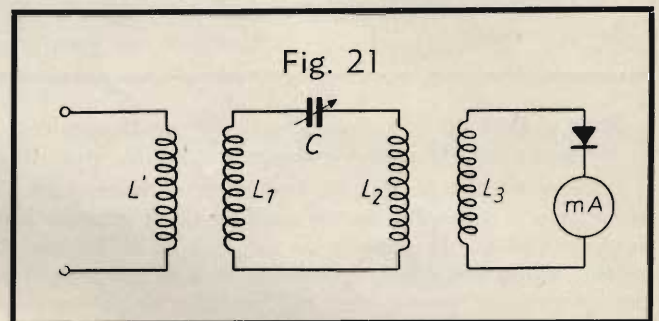
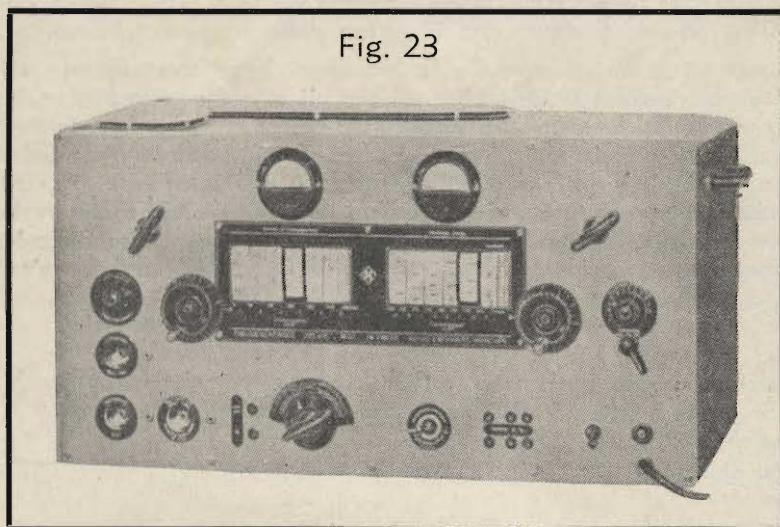
L'*ondametro a interferenza* consente di ottenere una *precisione sensibilmente superiore*. Esso funziona, in fondo, sullo stesso principio dell'*oscillatore a battimenti*. Si mescolano due oscillazioni ad alta frequenza, si separa per mezzo di filtri la *BF* che si forma, e la si rivela con uno strumento indicatore. Mentre nell'*oscillatore a battimenti* si mantiene sempre una certa differenza tra le due *AF*, per produrre la voluta *BF*, nell'*ondametro*

invece si fa in modo che le *due frequenze siano identiche.* Di queste due *AF* una è quella che si vuole misurare, l'altra invece è una frequenza regolabile, generata nell'apparecchio stesso, il valore della quale può essere determinato dalla posizione delle manopole.

Fig. 23

Vediamo ora come si presenta e come funziona un apparecchio costruito secondo questo principio. La fig. 23 presenta una fotografia dell'apparecchio chiamato WIP, della nota ditta Rohde e Schwarz di Monaco. Sono chiaramente visibili i *tamburi graduati,* le *boccole di collegamento* e gli *strumenti di misura.* Ecco alcuni dati caratteristici dell'apparecchio: Campo di misura 50 kHz-30 MHz; precisione: per misure grossolane $8 \cdot 10^{-3}$; per misure fini $5 \cdot 10^{-5}$; minima tensione d'entrata 10 mV.

L'apparecchio contiene *tre diversi generatori.* Il *primo è regolabile in sei campi* da 50 kHz fino a 30 MHz e serve *per la misura grossolana.* La precisione dell'indicazione è, per esempio, di 8 kHz per 1 MHz, il che naturalmente non basterebbe per misurazioni esatte. La misura si effettua come s'è detto. Con una *cuffia telefonica,* allacciata all'uscita dopo i *filtri di BF,* si ascolta la *BF* corrispondente alla differenza tra la *frequenza del generatore* e *quella da determinare.* Il *suono* è dapprima *acuto,* poi, migliorando la messa a punto, diviene *sempre più basso.* Il *generatore per le misure fini* serve a controllare l'altro sopramenzionato, cioè quello per le misure grossolane. Esso è costituito da un *oscillatore di grande precisione ed estrema costanza.* Ciò si ottiene limitandone la frequenza alla sola gamma da 2,5 a 3,75 MHz, suddivisa però in *otto campi.* Voi sarete sorpreso e chiederete in che modo sia allora possibile il confronto con tutte le frequenze del *generatore grossolano.* Ciò avviene come segue: si inseriscono nel circuito degli *stadi produttori di distorsione.* Scopo di questi è di produrre dei *multipli intieri delle frequenze d'entrata.* Ciò è facile da ottenere: basta applicare ad un *amplificatore* delle *tensioni sinusoidali* d'ampiezza così grande, da far lavorare l'*amplificatore* anche nei tratti curvi della caratteristica. Ricorderete infatti che, quando la tensione alternata di griglia è eccessiva, la corrente anodica, anzichè presentare un andamento puramente sinusoidale, rimane deformata. La *deformazione,* o *distorsione,* equivale alla *formazione di frequenze più alte,* che sono però sempre *multipli intieri della frequenza fondamentale* e vengono chiamate « *armoniche superiori* ».

Volendo eseguire la misura fine, per esempio, di 750 kHz, si sovrappone la *quarta armonica,* cioè $750 \cdot 4 = 3000$ kHz = 3 MHz, con i 3 MHz del *generatore fine.* Se invece si vogliono misurare 4,8 MHz, si raddoppia la frequenza portandola a 9,6 MHz, e si confronta con la *terza armonica* di 3,2 MHz del *generatore fine.* Vedete che in tal modo, pur avendo una gamma relativamente ristretta, il *generatore fine* permette di misurare nell'intiero campo d'impiego dell'*ondametro* con la precisione di $5 \cdot 10^{-5}$. Ciò significa che, dovendo misurare per esempio 2 MHz, si ha un'incertezza non superiore a $2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 100$ Hz, il che è una precisione rispettabile e sufficiente per quasi tutte le misure.

L'apparecchio contiene infine anche un *dispositivo accessorio di taratura* costituito da un *generatore campione a quarzo* da 100 kHz. La precisione del quarzo oscillante è di ± 2 Hz, il che è certamente sufficiente per le normali misure di laboratorio. La *frequenza del quarzo* viene moltiplicata nel modo descritto più sopra; le *frequenze armoniche* servono per il paragone col *generatore fine.* Semplici manipolazioni consentono di formare tutte le combinazioni possibili tra il *generatore per misura grossolana, quello per la misura fine,* l'*oscillatore a quarzo* e la *frequenza di misura.* L'uso dell'apparecchio è facile e i valori di frequenza sono direttamente indicati sui *tamburi graduati.*

Nella Dispensa N. 19 abbiamo già accennato alla possibilità di confrontare le frequenze per mezzo del *tubo di Braun.* Questo procedimento è stato portato alla massima perfezione e consente di effettuare esattissimi confronti di frequenze, coi quali si possono determinare differenze di *frazioni di hertz* su qualche centinaio di kHz.

Questi accenni agli *strumenti per la misura delle frequenze* nella tecnica dell'*AF* può bastare per ora. Avendo conosciuto le possibilità esistenti per misurare le frequenze, ci sarà più agevole raccappezzarci tra le numerose gamme d'onda.

Domande

1. Su quale principio è basato il frequenziometro a indicazione diretta?
2. Che specie di strumento indicatore si impiega nell'ondametro a risonanza?
3. Per quale ragione nell'ondametro a risonanza vanno evitati gli accoppiamenti rigidi?
4. Quanti e quali generatori sono contenuti nell'ondametro a interferenza WIP?
5. Qual è la precisione del quarzo oscillante impiegatovi?

Risposte alle domande di pag. 7

1. Per la scomposizione dell'immagine in televisione si sono usati il disco di Nipkow, la vite a specchi e la ruota a specchi.
2. L'esplorazione dell'immagine per mezzo del disco di Nipkow avviene grazie a dei forellini praticati nel disco stesso. Questi sono disposti su una spirale, in modo che, in qualsiasi momento, vi sia un foro che si sposta lungo una linea dell'immagine.
3. La massima frequenza di modulazione occorrente per la televisione è determinata dal numero dei punti e, conseguentemente, delle linee, nonchè dal numero d'immagini al secondo.
4. I dispositivi d'esplorazione elettronici sono superiori a quelli meccanici, perchè richiedono il movimento dei soli elettroni, che sono, in pratica, privi d'inerzia, e non di parti meccaniche come diaframmi o specchi.
5. La maggiore sensibilità dell'iconoscopio è dovuta all'accumulazione delle cariche. Teoricamente, esso consente di sfruttare, per l'emissione degli elettroni, l'intiero periodo d'esposizione, mentre nel tubo dissettore si utilizzano i soli elettroni prodotti nell'istante dell'esplorazione di un punto.
6. Il principale difetto dell'iconoscopio è dovuto al fatto che, per l'esplorazione del mosaico fotoelettrico, occorrono degli elettroni assai veloci, accelerati da un'elevata tensione anodica. Di conseguenza vengono prodotti degli elettroni secondari, che annullano in parte i vantaggi derivati dal principio dell'accumulazione delle cariche.

Risposte alle domande di pag. 9

1. Il raggio di elettroni può essere deviato sia dai campi elettrici, che da quelli magnetici.
2. Un elettrone proiettato perpendicolarmente, con velocità uniforme, in un campo magnetico, descrive una traiettoria circolare.
3. Il campo magnetico usato per la concentrazione del raggio deve presentare la stessa direzione del moto degli elettroni.

Risposte alle domande di pag. 12

1. La differenza essenziale tra Orthikon e iconoscopio sta in questo: che gli elettroni impiegati per l'esplorazione, nell'Orthikon, sono lenti; nell'iconoscopio, invece, veloci.
2. La lastra dell'immagine intermedia nell'Orthikon dev'essere sottilissima, perfettamente piana e uniforme. Inoltre si richiede una certa conduttività attraverso lo spessore, mentre quella superficiale deve essere minima.
3. Il moltiplicatore a elettroni secondari è basato sul fatto che gli elettroni, colpendo una superficie di materiale adatto, producono degli elettroni secondari. Il numero degli elettroni secondari è superiore a quello dei primari, ma direttamente proporzionale ad esso.
4. All'uscita dell'Image-Orthikon le correnti più deboli corrispondono ai punti più luminosi e viceversa.

TELEVISIONE

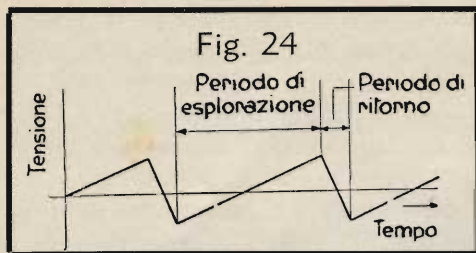
IL COMANDO DEL RAGGIO E IL SINCRONISMO

Dopo aver descritto brevemente l'evoluzione dei sistemi d'esplorazione, ci occuperemo *dei più moderni apparecchi per la ricomposizione dell'immagine*. Intanto notiamo la cosa più importante, e cioè che *per la riproduzione delle immagini si impiega un tubo di Braun*. Diremo in seguito dei requisiti speciali di questo tubo. Ad ogni modo vediamo che, *tanto nel trasmettitore, per la scomposizione dell'immagine, quanto nel ricevitore, per la sua ricomposizione, si lavora sempre con l'aiuto degli elettroni.*

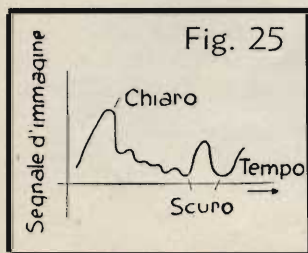
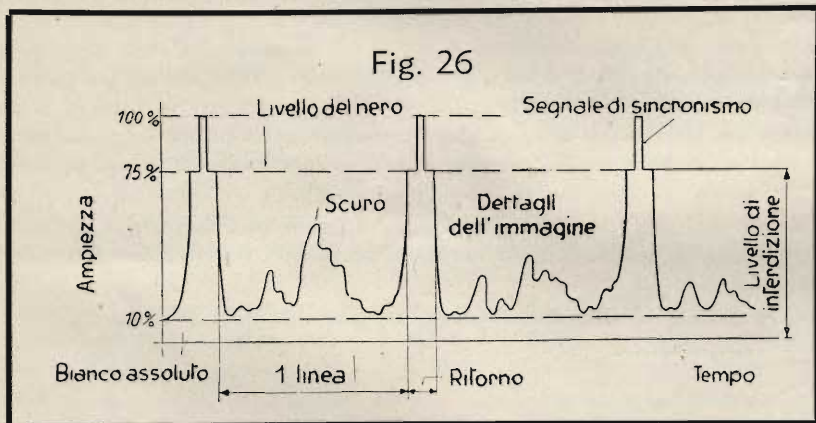
Nella fig. 10 vi abbiamo mostrato la traiettoria descritta dal raggio nel tubo di ripresa. Per la riproduzione, il raggio segue sullo schermo la medesima traccia. Per ora il sistema col quale viene prodotta una luminosità più o meno intensa non ci interessa; constatiamo unicamente la *necessità di seguire col raggio una traccia ben determinata, identica a quella percorsa per la scomposizione dell'immagine.*

Sappiamo che il raggio viene deviato con l'aiuto di *tensioni a dente di sega*, applicate alle *placche di deviazione*, oppure di *correnti a dente di sega*, circolanti nelle *bobine di deviazione*. Come principio sarebbe perfettamente possibile trasmettere, assieme al *segnale d'immagine*, anche le *oscillazioni a rilassamento* occorrenti per la deviazione. Si potrebbero, per esempio, inoltrare separatamente su un'apposita onda portante. Questo metodo non è però in uso, poichè richiederebbe l'adozione di appositi amplificatori supplementari. Inoltre si dovrebbe trovare il modo di mantenere la giusta relazione di fase tra le *oscillazioni a rilassamento* ed il *segnale d'immagine*, per non tagliare le linee e l'immagine in un posto sbagliato.

I segnali di sincronismo

Si preferisce quindi trasmettere dei *segnali di sincronismo* sulla *medesima onda portante del segnale d'imma-*

gine. Osservando l'*oscillazione a rilassamento* della fig. 24, la soluzione del problema balza subito agli occhi. Il *segnale d'immagine* si ricava e si trasmette soltanto *nel periodo di esplorazione della linea. Nel periodo di ritorno non si deve esplorare l'immagine nel trasmettitore, nè tracciare alcun segno sullo schermo del ricevitore. Il raggio di elettroni durante il periodo di ritorno perciò si sopprime, applicando una forte tensione negativa al cilindro di Wehnelt o all'elettrodo di comando che segue il catodo. Il periodo di ritorno rimane perciò disponibile per trasmettere degli impulsi di comando o di sincronismo.*

La fase negativa dell'immagine

In questa descrizione ci atteniamo alle norme generalmente accettate per la *televisione*. Prima di andare a modulare l'onda portante, il *segnale d'immagine* viene convertito nella cosiddetta « *fase negativa* ». Mentre *nella fase positiva* (fig. 25) i *punti chiari* corrispondono ad un *valore elevato della tensione, nella fase negativa è il contrario*. Questo procedimento è stato scelto, tra l'altro, per la seguente ragione: gli eventuali *disturbi* che si presentano nella trasmissione *producono delle sovratensioni* e quindi *delle chiazze luminose nella fase positiva*, mentre *nella fase negativa si presentano delle macchie scure, che disturbano meno.*

Impiegando la *fase negativa*, la *minima tensione di modulazione* corrisponde dunque al *bianco perfetto*. Quando invece il *segnale di modulazione* supera un determinato valore, si ottiene il *nero*. Valori maggiori del segnale non possono provocare alcuna variazione nella luminosità dell'immagine, poichè non si può fare di più che sopprimere completamente il raggio di elettroni. Questo valore (corrispondente alla *soppressione del raggio*) si chiama « *valore del nero* » oppure « *livello del nero* ».

È ovvio che, durante il *periodo di ritorno*, debba esserci il *nero completo*. Da questa esigenza deriva la *forma tipica del segnale d'immagine per la fase negativa* (figura 26). *Le ampiezze minime corrispondono al bianco; più alte sono le punte e più scura è l'immagine*. La *tensione d'interdizione* è di valore e durata tali, da assicurare che *il ritorno del raggio risulti invisibile*, quando la luminosità della riproduzione è regolata normalmente.

Voi chiederete a che cosa servano le *punte sopra la tensione d'interdizione*, dato che un nero più intenso del nero non è possibile. Com'è notato sulla figura, queste punte servono da *segnali di sincronismo*. Il fatto che a questi segnali si facciano corrispondere i *valori massimi della tensione*, denota la loro importanza.

Immaginate ora che un'*onda portante* sia modulata con questo *segnale negativo d'immagine*. Riferiti alla massima ampiezza della portante, il *bianco più chiaro* corrisponde al *10 %*, la *tensione d'interdizione* al *75 %*. In questo intervallo devono essere contenute tutte le *sfumature* ed i *chiaroscuri* dell'immagine. Come capite, il rimanente margine sopra il livello del nero è riservato per i *segnali di sincronismo*. Questi brevissimi impulsi servono per sincronizzare l'*oscillazione a rilassamento* generata nel ricevitore.

Fino ad ora abbiamo considerato soltanto i *segnali per la sincronizzazione della deviazione per le linee*. È ovvio che il raggio elettronico, essendo guidato da una *tensione a dente di sega*, richieda un certo tempo per tornare dall'orlo inferiore a quello superiore, dopo aver percorso tutte le linee. Anche in questo caso il *tempo di ritorno* equivale a una determinata frazione (circa 10 %) del periodo d'esplorazione.

Naturalmente anche durante il ritorno del raggio dal basso all'alto, bisogna che esso rimanga *oscurato*. Pertanto, terminata l'esplorazione di tutte le linee, segue un *lungo periodo d'interdizione*. A questo si sovrappongono i *segnali di sincronismo per la deviazione verticale*.

Prima di considerare i *segnali di sincronismo* nel periodo del *ritorno verticale*, dobbiamo conoscere un altro artificio molto importante.

Il sistema a linee alterne

Il sistema che abbiamo finora presupposto nelle nostre spiegazioni, dotato cioè di 625 linee e 25 immagini al secondo, consente di ottenere *immagini in movimento* come nel cinematografo, ma presenta purtroppo un forte e fastidioso *sfarfallamento* o *scintillio*. Se si volesse semplicemente aumentare il numero delle immagini al secondo, mantenendo immutata la *definizione*, cioè la *finezza di scomposizione dell'immagine*, si dovrebbe aumentare ancora di più la *banda di frequenza della modulazione televisiva*, già tanto larga. Il *sistema a linee alterne* costituisce un rimedio allo sfarfallamento, senza richiedere un aumento della *banda di modulazione*.

Esso è basato sul ragionamento che, *suddividendo l'immagine in due metà, è possibile far apparire il numero doppio di immagini al secondo.* A questo scopo *si esplorano dapprima le linee dispari, partendo dall'angolo sinistro superiore* (fig. 27). Dal punto *B*, a metà dell'ultima linea, si effettua il *ritorno del raggio* al punto *C*, in mezzo in alto. Avviene quindi *l'esplorazione delle linee pari*, contenute sempre in mezzo a due dispari. Il raggio percorre quindi un'altra volta l'immagine, fino ad arrivare nell'angolo inferiore destro *D*. Quindi ritorna in *A*, ed inizia l'*esplorazione successiva*. In questo modo si esplora *50 volte al secondo* l'intiera immagine, mentre *il numero di linee al secondo è rimasto immutato*. Lo *sfarfallamento* è fortemente ridotto, perchè l'occhio rimane ingannato dalle due successive esplorazioni parziali. Senza aumentare il numero delle linee, è raddoppiato il numero d'immagini. Per poter realizzare il sistema nel modo sopra descritto, *bisogna che le linee siano in numero dispari*, poichè solo in tal modo l'ultima linea dispari finisce in mezzo e la prima pari comincia in mezzo. Ciò è necessario, affinchè le linee pari cadano esattamente tra quelle dispari.

Fig. 27

È chiaro che questo sistema di trasmissione debba richiedere una *enorme precisione del sincronismo*. Si tratta infatti di incastrare l'una nell'altra due immagini parziali. Bisogna pertanto che il *generatore a rilassamento per la deviazione orizzontale* non solo funzioni in modo ineccepibile per conto proprio, ma presenti altresì sempre la *giusta relazione di fase* col *generatore per la deviazione verticale.*

Per ottenere con sicurezza questo effetto si impiega un *oscillatore pilota* nel *trasmettitore*. Esso parte dal doppio della frequenza occorrente per la deviazione delle linee, cioè 625 . 25 . 2 = 31250 Hz.

Mediante suddivisione della frequenza, si ottiene la *frequenza delle linee* $\frac{31\,250}{2} = 15\,625$ Hz e *quella d'immagine* $\frac{31\,250}{625} = 50$ Hz.

Essendo tutte derivate da un'oscillazione primitiva (31 250 Hz), la *frequenza di linea* (15 625 Hz) e *quella di immagine* (50 Hz) vengono così ad avere anche la *giusta relazione di fase*. Non è il caso di entrare qui in maggiori particolari.

La disposizione dei segnali di sincronismo

Dalle nostre spiegazioni sul *sistema a linee alterne*, risulta che gli *impulsi verticali* della *prima* e della *seconda semi-immagine* devono presentare *determinate differenze*. Come abbiamo detto, gli *oscillatori a rilassamento* del ricevitore vengono mantenuti in sincronismo soltanto dagli *impulsi di sincronismo*. È necessario pertanto che questi impulsi non subiscano interruzioni. Ciò è particolarmente difficile da realizzare nell'istante in cui si deve iniziare il *ritorno verticale*. Bisogna infatti trasmettere in questo istante l'*impulso di sincronismo per la deviazione verticale*. Mentre perdura l'impulso verticale, avvengono circa *20 deviazioni di linea*, che in pratica vanno quindi perdute per l'esplorazione dell'immagine. Tuttavia bisogna che gli appositi impulsi mantengano in sincronismo l'*oscillatore a rilassamento per la deviazione orizzontale*. Ciò si ottiene *suddividendo l'impulso verticale, di per se stesso più lungo, nel modo indicato nella fig. 28*. Per ottenere il sincronismo nello spostamento orizzontale non importa che l'impulso rettangolare sia più lungo o più corto.

Impulsi di compensazione
Impulsi oriz-zontali puri
Impulsi verticali

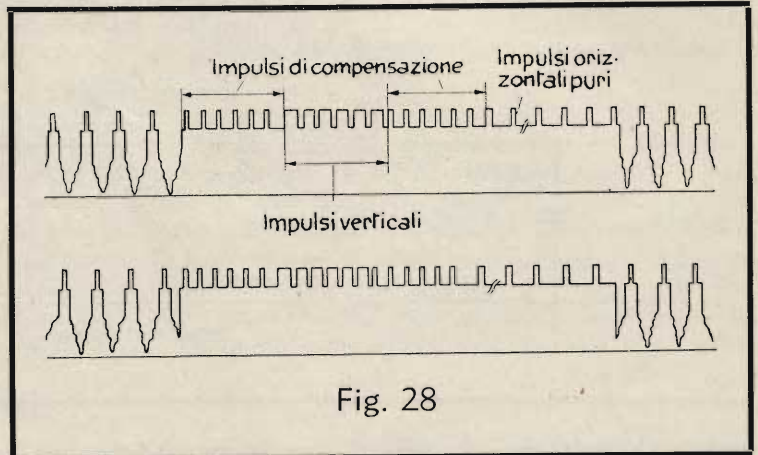
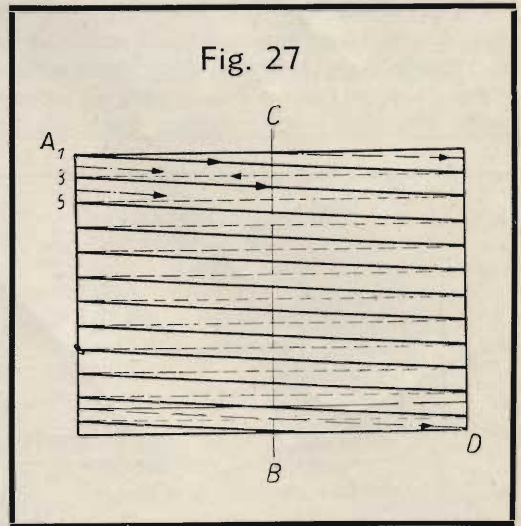
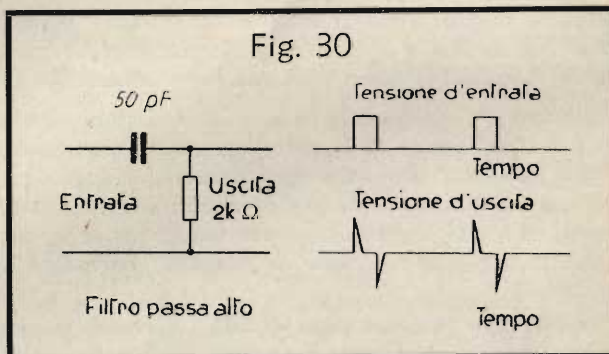
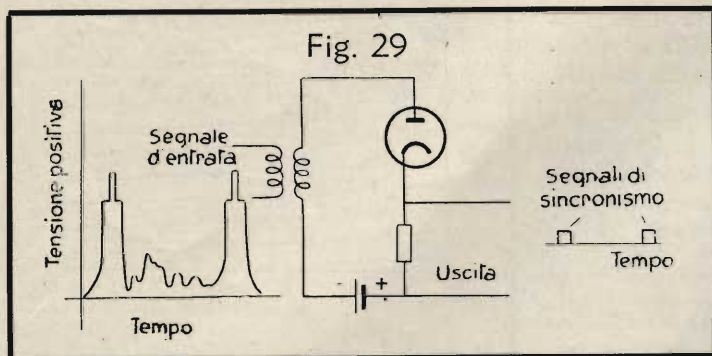



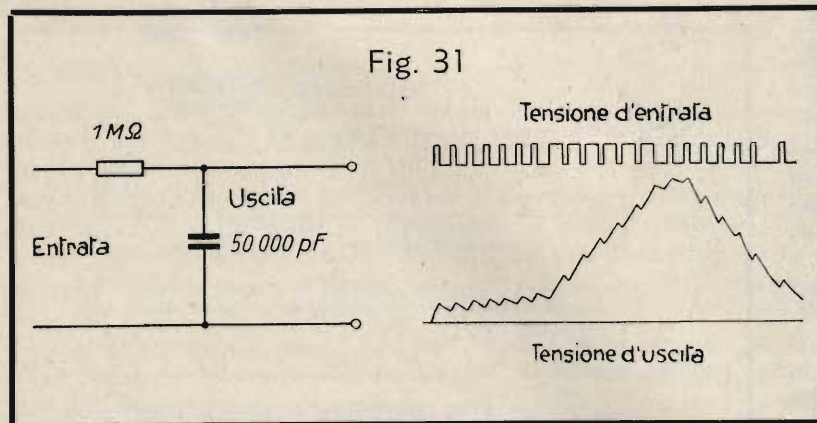
Fig. 28

L'essenziale è che esso abbia inizio *nell'istante giusto*, poichè l'*oscillatore per la deviazione orizzontale* è sincronizzato dal *fianco ascendente* dell'*impulso di sincronismo*. Nella fig. 28 si vedono dapprima, a sinistra, alcune *esplorazioni di linea in fase negativa*, separate dalla *tensione d'interdizione per il ritorno* e dall'*impulso di sincronismo per la deviazione orizzontale*. Si arriva così in fondo all'immagine, cioè al punto *D* della fig. 27.

Viene quindi il *periodo d'interdizione*, nel quale si hanno dapprima alcuni *brevi impulsi di compensazione*, di cui vedremo tra breve lo scopo. Segue l'*impulso verticale*, che però è suddiviso da varie *brevi interruzioni*, fatte in modo da ottenere un *fianco ascendente nel giusto istante*, necessario per la *sincronizzazione della deviazione orizzontale*. Terminato l'*impulso verticale*, ci sono ancora degli *impulsi di compensazione* e, per la rimanenza del *periodo d'interdizione*, degli *impulsi orizzontali puri*. Come risulta dalla fig. 27, dal punto *D* il raggio deve tornare nel punto *A*; la prima linea rappresentata nella fig. 28 deve quindi essere esplorata dall'inizio.

La *curva inferiore* della fig. 28 rappresenta invece il *ritorno dal punto B a C* (fig. 27). Anche qui vedete che la *sincronizzazione orizzontale* non viene mai interrotta, grazie agli *impulsi di compensazione* ed alle *interruzioni nell'impulso verticale*, anche se la *tensione d'interdizione* viene applicata o tolta a metà della linea. Tutto questo è possibile data la proprietà degli *oscillatori a rilassamento* di essere sensibili soltanto agli impulsi che intervengono nel momento giusto.

La separazione degli impulsi verticali e orizzontali

Ora vorrete giustamente sapere come si faccia a *distinguere gli impulsi* e ad *inviarli all'organo adatto*, in modo da sincronizzare tanto la *deviazione orizzontale* che *quella verticale*. Non ci vuol molto per spiegare come avvenga la separazione dei *segnali di sincronismo* dal *segnale d'immagine*. Si polarizza un *diodo* (fig. 29) in modo che non passi corrente finchè la tensione è inferiore a quella d'interdizione.

Solo i *segnali di sincronismo*, che sono « più neri del nero », possono provocare il *passaggio della corrente nel diodo*; nella *resistenza di carico* di quest'ultimo si manifestano perciò gli *impulsi di sincronismo*. Questa funzione può essere anche svolta da *valvole a una o più griglie*, ma ciò per ora non ha importanza.

Un *filtro passa-alto* (fig. 30), cui vengano applicati gli *impulsi di tensione*, si comporta come segue: nell'istante in cui la tensione aumenta, il *condensatore* viene caricato con un brevissimo *impulso di corrente*, mentre invece, alla fine dell'*impulso d'entrata*, cioè alla discesa della tensione, il *condensatore* si scarica rapidamente attraverso alla *resistenza*. Le *correnti di carica* e *di scarica* producono nella *resistenza* delle *punte di tensione positive o negative*. *Ad ogni variazione della tensione* applicata, si ottiene così una *punta positiva o negativa*. Quando vedremo gli schemi degli *oscillatori a rilassamento*, spiegheremo come vengano usate queste brevi *punte* per il comando degli *oscillatori*, e come mai solamente gli *impulsi applicati nel modo giusto* possano costringere il dispositivo ad oscillare.

L'utilizzazione dell'*impulso verticale* è un po' più difficile da spiegare. Esso viene separato da un *filtro passa-basso*, costruito esattamente al contrario del *filtro passa-alto* (fig. 31). Ad ogni *impulso orizzontale* si ha una breve corrente che va a caricare il *condensatore*. Finchè arrivano i *normali impulsi tra le linee*, essi sono così distanziati che il *condensatore* fa in tempo a scaricarsi completamente tra un impulso e l'altro. Durante la normale esplorazione delle linee *non si forma* quindi una *tensione* ai capi del *condensatore*. Quando invece sopraggiungono i *rapidi impulsi di compensazione*, si forma una *piccola tensione*, che però, dopo pochi impulsi, si ferma ad un *determinato livello*. Per questa ragione, quando incominciano gli *impulsi più lunghi*, non ha più importanza il fatto che l'intervallo tra l'*ultimo impulso orizzontale* ed il *primo impulso di compensazione* sia stato di una mezza oppure di un'intiera larghezza di linea. In ogni caso, l'*impulso verticale* che si inizia a questo punto, parte sempre da un livello di tensione ben determinato.

Durante l'*impulso verticale* vero e proprio le *interruzioni di tensione sono brevissime*, cosicchè, da impulso a impulso, il *condensatore* continua a caricarsi. Si arriva infine così ad avere applicata al condensatore una *tensione di valore sufficiente* perchè possa servire da *segnale di comando* per l'*oscillatore a rilassamento della deviazione orizzontale*. I successivi *impulsi di compensazione* iniziano la *scarica del condensatore*, che è quasi ultimata al sopraggiungere degli *impulsi orizzontali*.

Siamo arrivati così ad avere una buona visione di tutte le difficoltà che comporta la sincronizzazione nel *sistema a linee alterne*. Vi sarete accorto com'era importante che studiassimo prima bene tutte le parti singole e gli schemi separati, come è avvenuto nelle Dispense precedenti. Ora basta un semplice cenno per farvi comprendere il nocciolo delle questioni.

Gli oscillatori a rilassamento (o generatori a rilassamento)

Per chiudere le nostre spiegazioni sul sincronismo descriveremo brevemente gli schemi dei moderni *oscillatori a rilassamento* (detti anche « generatori a rilassamento »), impiegati nella tecnica della *televisione*. In particolare vi mostreremo in che modo si possa realizzare il sincronismo, trasmettendo dei brevi *impulsi di corrente*.

L'oscillatore a interdizione

Questo schema è basato sullo stesso principio di quello della fig. 38 della Dispensa N. 20. Quando la *corrente anodica* comincia ad aumentare (fig. 32), essa produce, grazie alla reazione attraverso al *trasformatore*, un aumento della *tensione di griglia*; di conseguenza, *la corrente anodica aumenta rapidissimamente*. Si produce allora una *corrente di griglia*, che carica il *condensatore* C_1, facendo diventare negativa la *griglia* e bloccando così la *corrente anodica*. La scarica di C_1 avviene più o meno rapidamente, secondo il valore delle *resistenze* R_1 ed R_2. Appena il *condensatore* si è scaricato *sotto la tensione d'interdizione*, la *corrente anodica* ricomincia a crescere. La *reazione* provoca un *impulso positivo sulla griglia* (fig. 33). La *corrente di griglia* carica il condensatore C_1. La *griglia* diventa *negativa* e la *corrente anodica* ritorna *a zero*. Se invece si applica alla *griglia* un *impulso positivo di sincronismo*, com'è indicato con la *curva tratteggiata* della fig. 33, la *tensione d'interdizione* viene superata un po' prima e si anticipa così il flusso della *corrente anodica*. Naturalmente bisogna però che l'impulso arrivi soltanto quando C_1 si è già quasi completamente scaricato fino alla *tensione d'interdizione*. Usando questo schema per produrre le *tensioni a dente di sega per la deviazione orizzontale o quella verticale*, bisogna scegliere i valori del *condensatore* e delle *resistenze* in modo, che l'*impulso di sincronismo* arrivi prima che il *condensatore* si sia scaricato fino alla tensione critica. Regolando R_2, la durata della scarica del condensatore C_1 può essere variata leggermente; si ha così la possibilità della *messa a punto esatta*. Questo *potenziometro* è chiamato, nei ricevitori televisivi, « *regolatore del sincronismo* » (orizzontale oppure verticale).

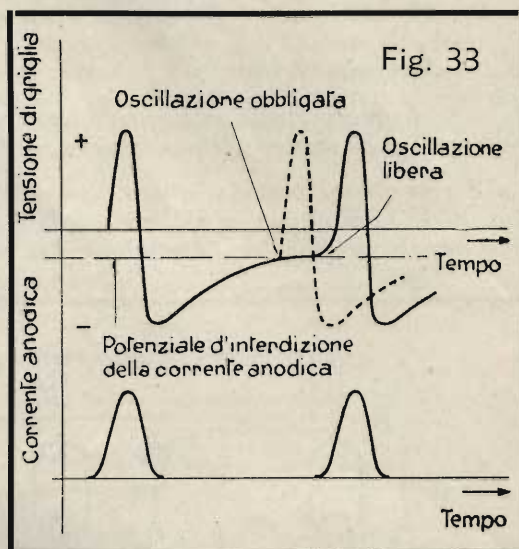
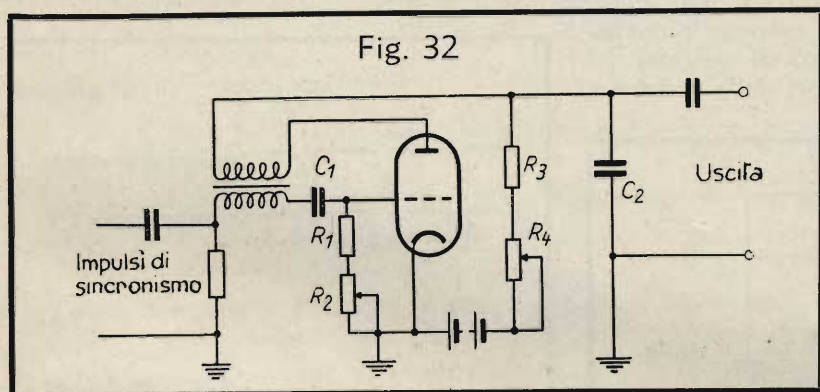



Fig. 32

Fig. 33

Gli *impulsi di corrente anodica* rappresentati nella fig.33 non sono però ancora delle *tensioni a dente di sega*. Per ottenere tale andamento della tensione, sono previsti C_2, R_3 e R_4 (fig. 32). Finchè la *corrente anodica* è bloccata, il *condensatore* C_2 si carica lentamente attraverso alle *resistenze* R_3 ed R_4. Quando comincia a passare la *corrente anodica*, si forma una *caduta di tensione* nelle resistenze R_3 e R_4, mentre il *condensatore* si *scarica rapidamente* attraverso alla valvola. Appena il condensatore è scarico e la valvola nuovamente interdetta, il giuoco ricomincia da capo. Le volute *oscillazioni di rilassamento* si manifestano quindi nel condensatore C_2; scegliendo adeguatamente le dimensioni dei vari elementi, si ottiene un *tratto ascendente discretamente rettilineo*. Poichè il *potenziometro* R_4 regola il valore della tensione alla quale si carica il condensatore C_2 e quindi l'*ampiezza dello spostamento del raggio*, esso è chiamato « *regolatore dell'altezza* » o « *regolatore della larghezza* » dell'immagine.

Il multivibratore

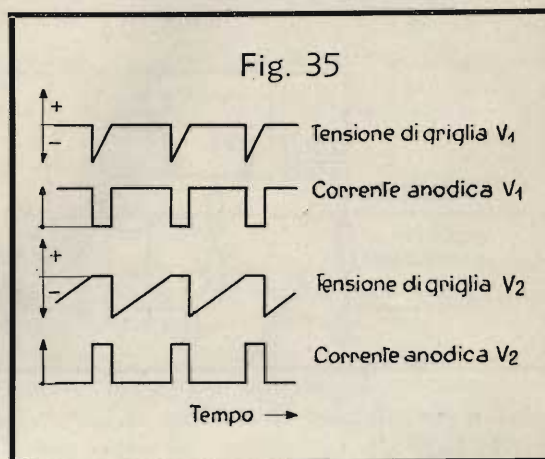
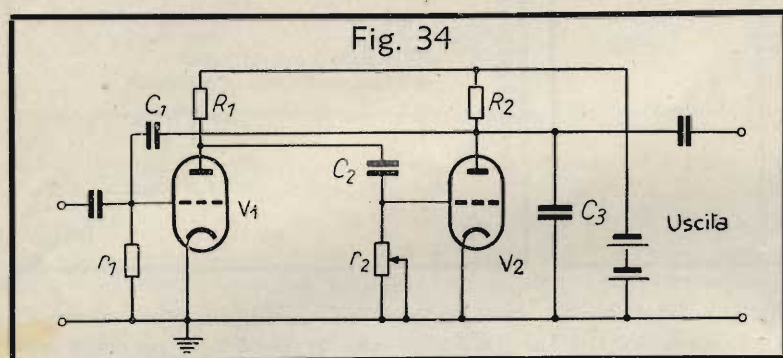
Anche questo schema funziona secondo il principio illustrato in precedenza. Il *trasformatore* è però sostituito da una *seconda valvola*. Come sapete, considerando una *valvola isolata*, si trova che *la tensione anodica diminuisce quando aumenta la tensione di griglia*; perciò, se si usano soltanto dei *condensatori* e delle *resistenze* è possibile realizzare la *controreazione*, ma *non una reazione positiva*. Se si vuole ottenere una *reazione positiva* per generare delle oscillazioni, bisogna *invertire la fase*, inserendo un *trasformatore*, oppure *riportando la tensione dall'anodo di una seconda valvola alla griglia della prima*.

Con l'aiuto della fig. 34 esamineremo anche quest'ultima possibilità, che è pure applicata nei *ricevitori di televisione*. Il *condensatore* C_3 è di nuovo *il condensatore che si carica e si scarica*. Le *valvole* sono collegate in modo da produrre un breve *impulso di corrente anodica* nella *seconda valvola*, per scaricare rapidamente il condensatore C_3.

Esamineremo dapprima il funzionamento dello schema senza C_3. Supponiamo di nuovo che nella *seconda valvola* (V_2 della fig. 34) la *corrente anodica* cominci a crescere e che, nello stesso istante, la *prima valvola* non sia interdetta. Nella *resistenza anodica* R_2 si formerà una *caduta di tensione*, che andrà aumentando. La *ten-*

sione anodica di V_2 va quindi *diminuendo* e viene riportata attraverso C_1 alla *griglia* della *valvola* V_1, ove si manifesta come *tensione negativa*. Di conseguenza *diminuisce la corrente anodica* di V_1, e quindi anche la *caduta di tensione* in R_1, mentre *aumenta la tensione anodica* di V_1. Quando la *tensione della placca* di V_1 va *aumentando*, il condensatore C_2 trasmette una *tensione positiva* alla *griglia* di V_2. Come nello schema della fig. 37, nella Dispensa N. 20, la *reazione* attraverso le due valvole provoca l'*improvviso aumento della corrente* in V_2 fino al suo massimo, mentre la valvola V_1 rimane *bloccata*, perchè attraverso a C_1 viene applicata una *forte tensione negativa* alla sua *griglia*. La *corrente* in V_2 non può crescere oltre un determinato valore e rimane quindi, per intanto, *costante*, com'è rappresentato dal grafico della fig. 35. Quando la *corrente* della valvola V_2 è *costante*, il condensatore C_1 *non può trasmettere alcuna tensione negativa*; anzi esso *si scarica, riducendo la tensione negativa della griglia di* V_1, fino al punto in cui *ricomincia a passare la corrente anodica* in V_1. Allora la *caduta di tensione* nella resistenza R_1 provoca la *diminuzione della tensione anodica di* V_1. C_2 trasmette quindi una *tensione negativa alla griglia* di V_2. Mentre la *corrente* nella *prima valvola aumenta improvvisamente*, la valvola V_2 rimane quindi *bloccata*.

V_1 e V_2 hanno pertanto *invertito le loro funzioni*. Il risultato dello schema della fig. 34 è quindi un *impulso rettangolare di corrente*, che attraversa alternativamente le due valvole (fig. 35).

La durata di un periodo intiero, cioè della *corrente rettangolare* in V_1, più quella in V_2, nonchè la durata di ciascuno dei due *impulsi rettangolari*, dipendono dai valori delle *resistenze*

e delle *capacità*. Per esempio per ottenere la *deviazione delle linee* (15 625 Hz) si usano sovente i seguenti valori:

r_1 = 220 kΩ, r_2 = 100 kΩ, $R_1 \approx$ 47 kΩ, R_2 = 500 kΩ
C_3 = 500 pF, C_1 = 0,001 μF, C_2 = 0,005 μF.

Si impiega la valvola americana 6N7 (doppio triodo). La scelta opportuna dei valori delle *resistenze* e dei *condensatori* collegati con V_1 e V_2 consente di ottenere la *differente lunghezza dell'impulso* nelle due valvole.

L'intiero dispositivo produce una *tensione a dente di sega* ai capi del condensatore C_3. Nel *periodo d'interdizione* della valvola V_2, il condensatore C_3 *si carica. Quando la valvola conduce,* C_3 *si scarica rapidamente.* Ecco fatta così l'*oscillazione a dente di sega*. La *sincronizzazione* si attua applicando un *impulso negativo* alla *griglia* di V_1, oppure *positivo* alla *griglia* di V_2, nel periodo in cui V_1 è attraversata dalla corrente. In tal modo *si blocca il passaggio di corrente* nella valvola V_1, cosicchè, se nello stesso istante la *tensione negativa* della *griglia* di V_2 è già *sufficientemente diminuita*, la *corrente comincia* subito *ad attraversare quest'ultima valvola* e *a scaricare il condensatore* C_3. Anche in questo caso è importante che l'*impulso di sincronismo* arrivi alla *griglia* della valvola V_2 un poco prima che questa abbia raggiunto la *tensione d'interdizione*.

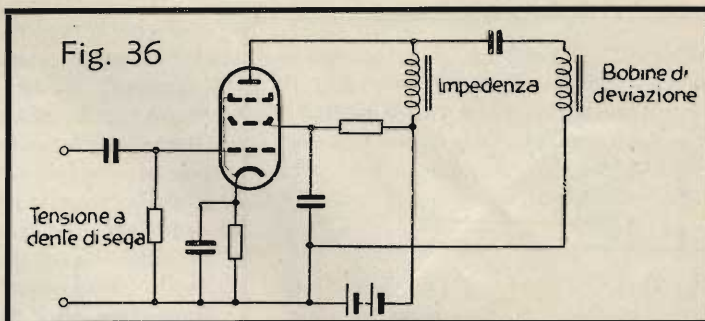
Gli schemi ora considerati consentono senz'altro di effettuare la *deviazione elettrostatica del raggio*, ossia quella applicata nei tubi dotati di *placche di deviazione*. Poichè però spesso si fa uso della *deviazione magnetica*, vogliamo vedere come si fa per inviare nelle *bobine di deviazione* una *corrente a dente di sega*.

La corrente a dente di sega

Applicando la *deviazione elettrostatica*, il carico dell'*oscillatore a rilassamento* è costituito unicamente dalla piccola capacità delle *placche di deviazione*. Se la *tensione a dente di sega* dovesse spingere la corrente soltanto attraverso ad una *resistenza ohmica*, questa *corrente* avrebbe anch'essa *la forma di un dente di sega*.

Ma poichè ogni *bobina* è da considerare come un *collegamento in serie di resistenza e d'induttanza*, a ogni variazione della corrente si manifesta l'*autoinduzione*; ciò in misura tanto maggiore, quanto più piccola è la *resistenza ohmica* rispetto all'*induttanza* del circuito. Un rimedio abbastanza semplice consiste nell'applicare la *tensione a dente di sega* alla *griglia-pilota di un pentodo*. Data l'elevata *resistenza interna* di questo tipo di valvola, si ottiene una *corrente a dente di sega*, anche se nel *circuito anodico* si inserisce una *bobina induttiva*; ecco pertanto realizzata la *deviazione magnetica*. In linea di principio si potrebbe impiegare anche un *triodo*, ma questo darebbe un risultato assai meno soddisfacente, data la sua scarsa *resistenza interna*. Bisognerebbe cambiare alquanto la forma della *tensione a dente di sega* applicata alla *griglia*.

Interviene però una nuova difficoltà. La *corrente continua* della *valvola* darebbe origine ad una *magnetizzazione supplementare della bobina* e quindi ad una *deviazione non desiderata*. Ciò può essere evitato mediante l'impiego di un *trasformatore*, che trasporti nelle *bobine di deviazione* soltanto le *variazioni della corrente, non la corrente continua*.

Nella fig. 36 è indicata inoltre un'altra possibilità, consistente nell'inserzione di una *bobina d'impedenza* e nell'allacciamento della *bobina di deviazione* attraverso un grande *condensatore*.

Abbiamo così dato una scorsa ad una parte importantissima del *ricevitore televisivo*: la *separazione dei segnali di sincronismo* e gli *oscillatori a rilassamento*. Tanto la *deviazione orizzontale* che *quella verticale* richiedono entrambe un apposito *oscillatore a rilassamento*: è un complesso ingente di valvole e apparecchiature che non occorre nei ricevitori per la semplice radioaudizione e che costituisce una spesa non indifferente, contribuendo ad aumentare il costo degli apparecchi per la *televisione*.

Domande

1. Come si fa a guidare il raggio elettronico esplorante negli apparecchi per la ripresa e la riproduzione televisiva?
2. Come è possibile trasmettere i segnali di sincronismo e di immagine su un'unica onda portante?
3. Come si chiama e come funziona il sistema per la soppressione dello sfarfallamento, senza aumento della banda di frequenza trasmessa?
4. Come si separano i segnali di sincronismo per la deviazione orizzontale da quelli per la deviazione verticale?
5. Quali sono gli schemi impiegati nei ricevitori di televisione per gli oscillatori a rilassamento?
6. Come si attua la reazione nell'oscillatore a interdizione?
7. Come si evita la trasmissione dell'immagine durante il ritorno del raggio?

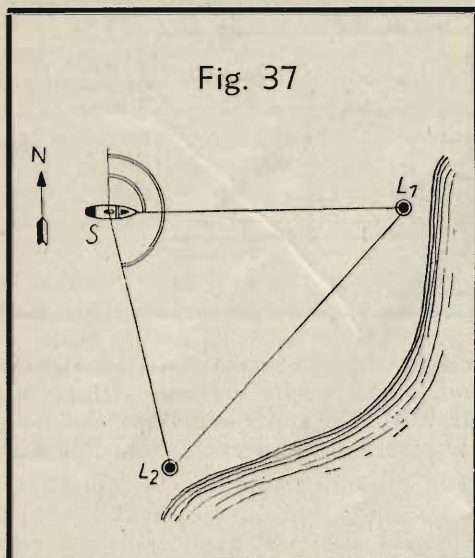
Risposte alle domande di pag. 14

1. Il frequenziometro a indicazione diretta è basato sul fatto che, a tensione costante, la corrente che attraversa un condensatore è proporzionale alla frequenza. Qualsiasi valore della corrente si trova quindi in una determinata relazione con la frequenza, per la qual cosa lo strumento può essere direttamente tarato in hertz.
2. Nell'ondametro a risonanza si usa come indicatore uno strumento a bobina mobile con raddrizzatore. Quest'ultimo può essere costituito da un diodo, oppure da un detector a cristallo.
3. È impossibile fare un accoppiamento rigido nell'ondametro a risonanza, perchè ciò farebbe uscire dalla sintonia il circuito oscillante, causando degli errori di misura.
4. L'ondametro WIP contiene 3 generatori, e precisamente quello per le misure grossolane (50 kHz - 30 MHz), quello per le misure fini (2,5 - 3,75 MHz), ed il quarzo di taratura per 100 kHz.
5. La precisione del quarzo oscillante impiegato è di $2 \cdot 10^{-5}$ ossia $\pm$ 2 Hz su 100 kHz.

RADAR

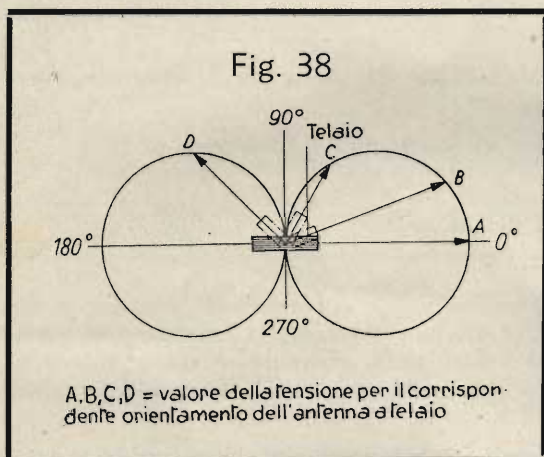
RADIOGONIOMETRIA

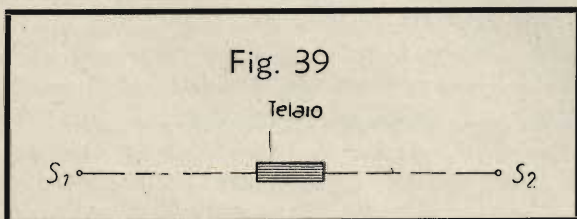
Nei tempi passati, i fari erano insostituibili per la navigazione. Essi servivano per contrassegnare le coste e consentivano ai naviganti di dirigersi con sicurezza verso la meta anche di notte. Inoltre, facendo il rilevamento della direzione di due fari contemporaneamente visibili, era possibile determinare la propria posizione.

Con l'aiuto della fig. 37 spiegheremo come si faccia questo rilevamento. I punti cardinali sono conosciuti, grazie alla bussola. Sulla carta nautica si legge la posizione esatta dei fari. Con l'aiuto di un *sestante* si determinano gli angoli compresi tra le direzioni nelle quali si vedono i fari e la direzione nord. Un calcolo trigonometrico consente allora di determinare le distanze S-L_1 e S-L_2 (S è la *nave*, L_1 ed L_2 i *fari*). La posizione della nave è allora stabilita in modo univoco. Se invece non si conoscesse l'esatta direzione nord, bisognerebbe osservare *tre fari*, rilevandone la posizione dalla carta.

« A che serve questa divagazione in un campo completamente diverso dal nostro? » voi chiederete. Ve lo diciamo subito: i fari erano utili e comodi col bel tempo, ma proprio quando se ne aveva maggior bisogno, nella nebbia e nelle tempeste, non si scorgevano che a piccola distanza. Dopo la scoperta delle onde elettromagnetiche, si trovò ben presto che la loro propagazione non era quasi disturbata dalla nebbia e dalla pioggia. Si pensò quindi di sostituire i *fari luminosi* con dei *radiofari*, che risentono molto meno delle condizioni del tempo. Di qui la necessità di trovare il sistema per *determinare la direzione* nella quale si trovano questi *radiofari*. Dobbiamo perciò renderci conto, dapprima, del funzionamento di un *sestante*, per poter immaginare un dispositivo analogo adatto per le *onde radio*. L'uso del *sestante* è fondato sul principio che, *dirigendo un cannocchiale verso un faro, noi ne stabiliamo nello stesso tempo l'esatta direzione*. Occorre quindi un apparecchio elettrico che consenta di stabilire in modo univoco una *direzione*.

La caratteristica direzionale

Nella Dispensa N. 14, abbiamo conosciuto l'*antenna a telaio*, che presenta uno *spiccato effetto direzionale*. Nella fig. 38 è disegnata la cosiddetta « *caratteristica orizzontale* » dell'*antenna a telaio*. Questa caratteristica può essere calcolata teoricamente o rilevata sperimentalmente. In quest'ultimo caso si monta l'*antenna a telaio* su un *piedestallo girevole*, munito di una *graduazione in gradi angolari*. Si allaccia l'*antenna* a un *generatore d'AF di misura*. A sufficiente distanza (almeno alcune lunghezze d'onda) si colloca una semplice *antenna ricevente*. Si allaccia a quest'ultima un *voltmetro a valvole*, eventualmente attraverso ad un *amplificatore*, per misurare la *tensione* fornita dall'*antenna*. Si orienta quindi il *telaio* in direzione dell'*antenna ricevente* e si mette l'*indice goniometrico* (cioè quello che segna l'angolo) su *zero*. Supponiamo che lo strumento allacciato all'*antenna ricevente* segni 100 mV. *Se si cambia l'orientamento dell'antenna a telaio, l'indicazione del voltmetro diminuisce*, com'è rappresentato nella fig. 38, la quale però non riporta alcun valore. Compiuta una rotazione di 90°, la *tensione* nell'*antenna ricevente* scende a *zero*. Continuando la rotazione, *la tensione aumenta di nuovo*. In un giro completo, essa descrive la *curva* della fig. 38.

A,B,C,D = valore della tensione per il corrispondente orientamento dell'antenna a telaio

Facciamo ora un nuovo esperimento, portando più lontano l'*antenna ricevente*. Nella posizione di *zero* otteniamo un *valore minore*, ma compiendo l'intiera rotazione ricaviamo di nuovo la stessa *curva* della fig. 38, però più piccola.

Finalmente facciamo una terza prova. Colleghiamo il *generatore d'AF* a quella che prima era l'*antenna ricevente* e misuriamo col *voltmetro elettronico* l'intensità delle onde raccolte dall'*antenna a telaio*. Ruotando l'antenna e riportando radialmente i valori misurati, otteniamo un'altra volta la *caratteristica* della fig. 38. *Questa caratteristica non è univoca*. Le indicazioni per 0° e 180° sono identiche, e così pure per 90° e 270°.

Non è quindi possibile stabilire se il *trasmettitore* si trova nel punto S_1 oppure in S_2 (fig. 39). Troveremo però presto anche il modo di ottenere delle *caratteristiche univoche*.

Per ora vediamo un po' se, in via generale, quest'*antenna a telaio* può essere utilizzata per i *rilevamenti radiogoniometrici*. Quando una nave si avvicina alla costa (fig. 37), possedendo una carta e la bussola, non si può essere in dubbio se il *radiofaro* L_1 si debba ricercare a oriente o a occidente.

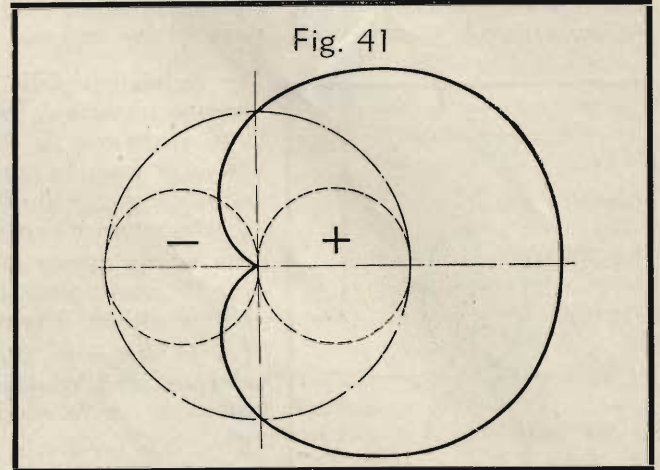
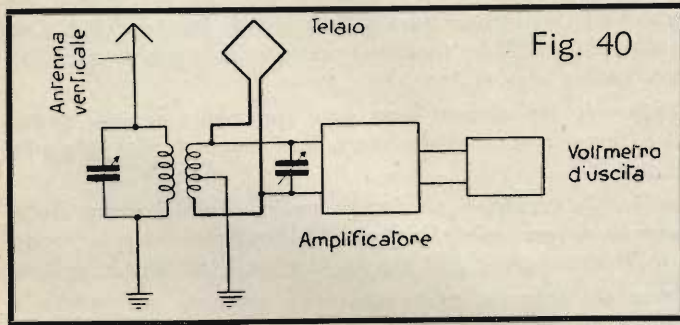
Ora prendiamo la nostra *antenna a telaio* e mettiamo a punto la sintonia e facciamo ruotare l'*antenna* finchè abbiamo individuato il trasmettitore L_1, riconoscibile dalla *particolare modulazione*. Cerchiamo di orientare il telaio, basandoci sul *valore massimo della caratteristica*, che corrisponde a 0° o a 180° (fig. 38). Ci accorgiamo che, *in prossimità del massimo, le variazioni d'intensità sono molto piccole*, cosicchè è estremamente difficile stabilire con precisione la direzione cercata. Voi penserete quindi di abbandonare questo sistema, visto che non è abbastanza preciso. Un momento, però! Non vogliamo provare a determinare la posizione della *ricezione minima*, che corrisponde a un angolo di 90° o 270°? Facciamo questo esperimento e subito vediamo con sorpresa che *l'indicazione dello strumento cade improvvisamente a zero e, continuando la rotazione, aumenta di nuovo assai rapidamente*. Possiamo così determinare, senza difficoltà, con la *precisione di un grado*, la *posizione del minimo* e comprendiamo che, in questo modo, è facile eseguire il *rilevamento radiogoniometrico*. *L'importante è di ottenere dapprima un'indicazione ben evidente e di azzerarla poi, orientando l'antenna sul minimo*. Più l'escursione iniziale dello strumento è ampia, e più facile è l'esecuzione del rilevamento. Non dubitiamo che avrete compreso le nostre spiegazioni e

sarete ora convinto che i *radiofari* sono, per molte circostanze, più efficienti dei fari luminosi.

Ci disturba però ancora il fatto che questo sistema non consenta di determinare in modo univoco la direzione del faro. Quali possono essere le differenze esistenti tra le due posizioni di minimo? Evidentemente, l'unica differenza, data la simmetria del dispositivo, è costituita dall'*inversione dei collegamenti nei riguardi della direzione del trasmettitore. Lo scambio dei collegamenti equivale sempre all'inversione di fase, ossia a uno sfasamento di 180°*. Ora, i confronti di fase non si possono fare in altro modo, che ricevendo l'alta frequenza proveniente dal *trasmettitore* anche attraverso un'altra via Pensate in proposito a quanto è stato detto della *reazione* nella Dispensa N. 15.

Con questo artificio infatti la cosa è possibile. L'apparecchiatura modificata è rappresentata nella fig. 40. È stata aggiunta una semplice *antenna verticale*, che presenta sempre la stessa intensità di ricezione, per

Fig. 40

Fig. 41

quanto venga fatta ruotare. Si dice perciò che l'*antenna verticale* ha una « *caratteristica circolare* ». *Le due antenne si accoppiano induttivamente* attraverso i *circuiti di sintonia*. Ruotando l'*antenna a telaio* di 180°, essa fornisce una *tensione sfasata di 180°* rispetto a quella dell'*antenna verticale*.

Per ottenere un funzionamento ineccepibile bisogna porre un'altra condizione. Sia l'*antenna verticale* come *quella a telaio* devono raccogliere, ciascuna per conto proprio, la *medesima energia*. La fig. 41 riporta un'altra volta le *caratteristiche* singole. I segni di *più* e di *meno*, nei due cerchi dell'*antenna a telaio*, esprimono lo *sfasamento di 180°* rispetto all'*antenna verticale*, che interviene durante la rotazione. La *combinazione delle due curve* costituisce la cosiddetta « *cardioide* », cioè una *curva a forma di cuore*. Come vedete, *da un lato le due caratteristiche si sommano, dall'altro si sottraggono. Ora la caratteristica del minimo è divenuta inequivocabile e il rilevamento non può essere sbagliato*. Il minimo è un po' meno marcato, ma intanto *la direzione indicata è una sola*. Se si vuole poter godere della maggior precisione dell'*antenna a telaio* da sola, basta fare in modo che l'*antenna verticale* possa essere esclusa. Si comincia allora *a determinare la direzione del radiofaro con approssimazione, ma in modo univoco, servendosi della combinazione delle due antenne. Quindi si effettua il rilevamento esatto con l'antenna a telaio da sola.*

L'antenna direzionale

Prima di considerare gli altri *sistemi radiogoniometrici*, vogliamo descrivere come è costruita fondamentalmente un'altra semplice *antenna direzionale*. Abbiamo visto l'importanza che riveste la relazione di fase tra le tensioni in due diverse antenne riceventi. L'effetto essenziale può già essere rilevato con due semplici *antenne verticali*, collocate una accanto all'altra ad una certa distanza. Per semplificare maggiormente il problema ammettiamo che le due *antenne verticali* della fig. 42 siano situate esattamente alla distanza di una *mezza lunghezza d'onda* ($\lambda/2$). Ricordiamo qui che nella Dispensa N. 11 abbiamo introdotto la lettera minuscola greca λ (lambda) per esprimere la *lunghezza d'onda*. Supponiamo inoltre che, dal centro del collegamento orizzontale tra le due *antenne*, si diparta la linea comune che porta all'*amplificatore* (fig. 42).

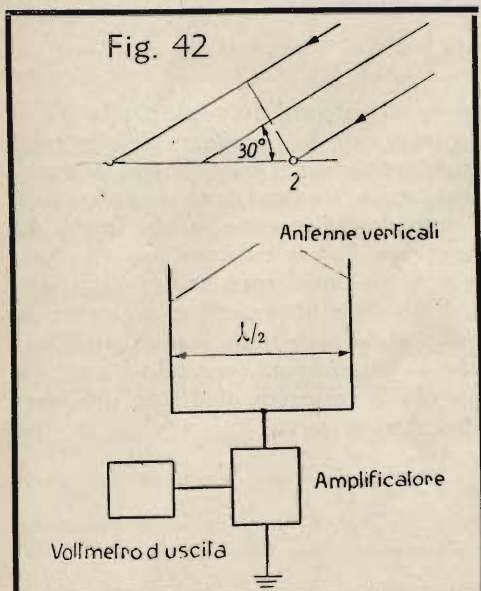



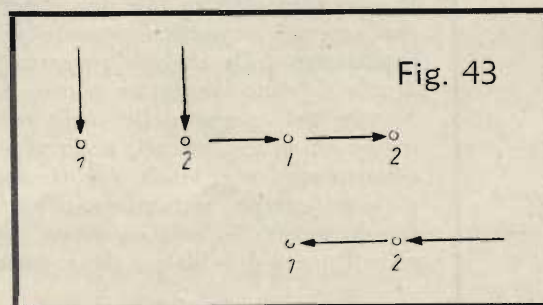
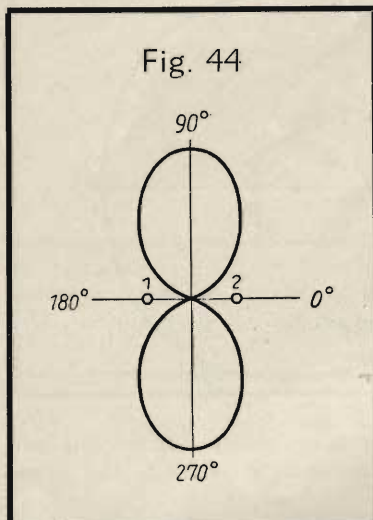
Fig. 42

Supposto che le onde elettromagnetiche provengano da una *direzione inclinata di 30°* rispetto alla retta congiungente le due *antenne*, ne risulta che, per arrivare all'*antenna 1* l'onda deve percorrere un *cammino maggiore* che per colpire l'*antenna 2*. *L'onda impiega quindi maggior tempo per raggiungere l'antenna 1*. Si tratta naturalmente soltanto di un tempo brevissimo; esso tuttavia è sufficiente, affinchè *la fase dell'oscillazione nell'antenna 1 risulti in ritardo* rispetto a quella

Fig. 43

dell'*antenna 2*. Naturalmente l'ampiezza dell'onda ricevuta può essere considerata identica per entrambe le antenne.

Esaminiamo l'effetto dello spostamento di fase nel caso delle direzioni principali.

Se le onde arrivano con *angolo di 90°* (fig. 43), *il tempo di propagazione è uguale per l'una come per l'altra antenna e non si ottiene sfasamento.*

Si ha unicamente il *raddoppiamento della tensione ricevuta. I due casi seguenti sono opposti, ma essenzialmente identici. Una delle due antenne presenta un ritardo di fase, che equivale al tempo impiegato dall'onda per percorrere la distanza che separa le due antenne.*

La definizione della *lunghezza d'onda* dice che essa corrisponde ad un'*oscillazione sinusoidale completa*. Una *mezza lunghezza d'onda* equivale quindi ad uno *sfasamento di 180°*. Non importa se sia l'*antenna 1* o *2* che presenta il *ritardo di fase*; in entrambi i casi si ottiene una differenza di fase di 180°. Ciò significa che nelle direzioni *0°* e *180° le tensioni ricevute si annullano* e che il *misuratore d'uscita* non indica alcuna tensione.

Anche con questo dispositivo le indicazioni non sono univoche, perchè tanto per *90°* come per *270°* si ottiene *la somma delle tensioni*, mentre per *0°* e per *180°* si ottiene il *minimo*.

Per le *direzioni intermedie, la tensione risultante nella combinazione delle antenne varia conformemente al grafico della fig. 44*. Il minimo non è molto spiccato, ma in compenso il massimo è più esatto che nell'*antenna a telaio*.

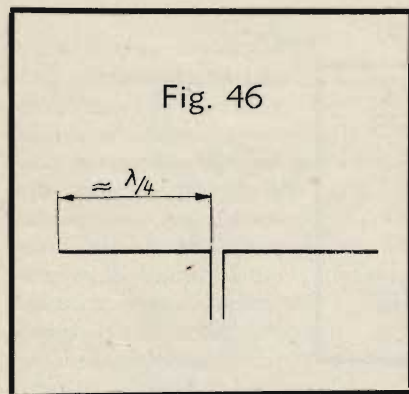
Benchè la *caratteristica* non sia univoca, esiste un modo elegante per renderla tale. Da quanto spiegheremo in seguito, vedrete che ci si giova spesso di questo metodo.

Il riflettore

Volendo rendere univoca la caratteristica di un'antenna, si impedisce la ricezione dalla direzione che disturba. Per questo scopo si sfrutta la favorevole proprietà delle *lastre metalliche conduttrici* di *riflettere le onde elettromagnetiche*. Dietro al *riflettore* le onde non sono quasi più rilevabili. Si tratta del medesimo effetto che permette di schermare i *conduttori* che portano l'alta frequenza. Ragionamenti teorici ed esperienze pratiche hanno dimostrato che *si ottiene una caratteristica favorevole, quando la distanza tra il riflettore e la combinazione d'antenne è uguale all'incirca ad un quarto della lunghezza d'onda.*

Il risultato ottenuto col *riflettore* è rappresentato nella fig. 45. La parte posteriore della *caratteristica* è eliminata, mentre la forma della curva si è modificata solo pochissimo.

In pratica non è molto conveniente usare una *lamiera intiera* per costituire la *parete riflettente*. Fortunatamente, ciò non è nemmeno indispensabile; basta anche una *rete metallica*. Si può anzi usare come *riflettore* addirittura una *seconda antenna doppia*, identica a quella usata per il rilevamento e disposta dietro ad essa, alla distanza di un quarto di lunghezza d'onda. Il *riflettore* non richiede alcun collegamento con l'*antenna ricevente*, nè alcuna alimentazione; basta la sua presenza per influenzare la *caratteristica* dell'*antenna* nel modo desiderato.

L'antenna a dipòlo

Nella Dispensa N.° 13, descrivendo le normali antenne riceventi per la radio, abbiamo osservato che, scegliendo adeguatamente la *lunghezza dell'antenna* la si rende selettiva per una *determinata frequenza*. Questa messa a punto dell'antenna è particolarmente semplice nella tecnica delle *onde corte* e soprattutto delle *onde ultracorte*. *Per accordare l'antenna, le due metà del dipolo si fanno lunghe un quarto di lunghezza d'onda ciascuna, ossia* $l = \lambda/4$. Mentre nel campo delle *onde medie* si usano nei *trasmettitori* esclusivamente *antenne verticali*, nella tecnica delle *onde ultracorte* si preferisce la *disposizione orizzontale del dipolo*. Nelle *onde corte*, che stanno *tra l'uno e l'altro campo*, si impiegano *entrambe le disposizioni*, secondo i casi. La fig. 46 mostra lo *schema di un dipolo*, che è collegato mediante una normale linea a due fili col *trasmettitore* od il *ricevitore*.

La parete di dipoli con riflettore

Conviene considerare subito un esempio. La fig. 47 mostra la disposizione schematica della cosiddetta « *antenna ad albero di Natale* », un'*antenna direzionale per le onde corte*.

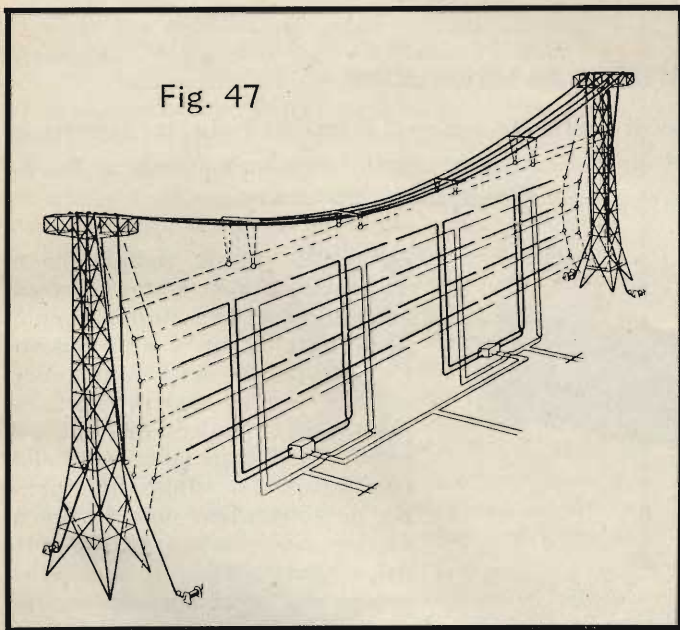



Fig. 47

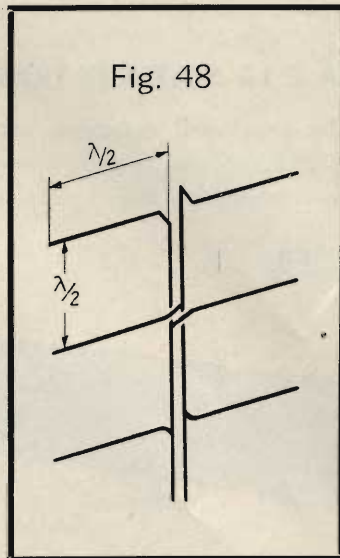



Fig. 48

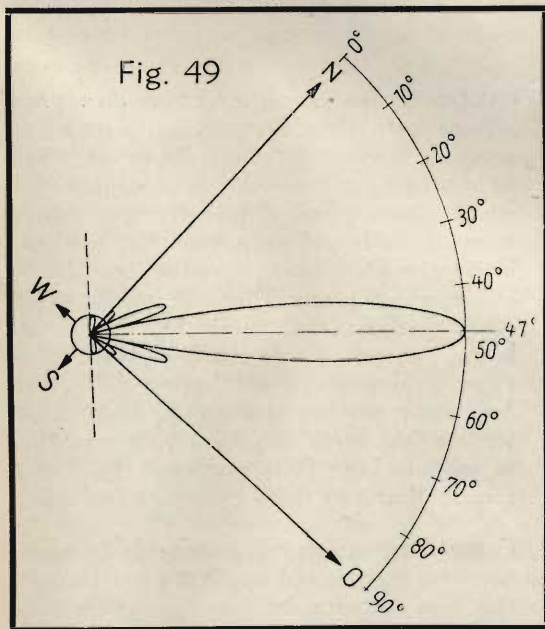
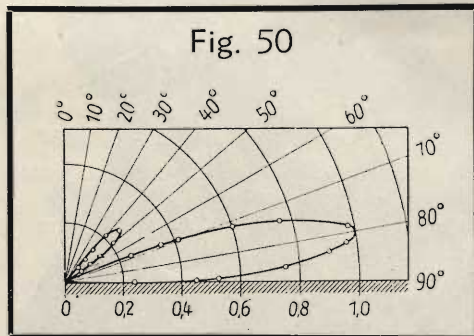
Come vedete, i *dipoli* sono disposti *orizzontalmente*. Inoltre noterete che dietro all'*antenna* propriamente detta, è collocato un *altro sistema analogo*, che funge da *riflettore* per ottenere l'irradiazione in una direzione ben determinata.

Il tutto è sospeso per mezzo di funi tese tra due piloni.

Veniamo ora all'*antenna* stessa. Per migliorare le condizioni della trasmissione, i *dipoli* non sono costituiti da aste lunghe $\lambda/4$, ma da *pezzi equivalenti ad una mezza lunghezza d'onda*. Anche questa è una dimensione favorevole, poichè determina un *massimo* dell'energia irradiata o assorbita, per la lunghezza d'onda considerata.

Fig. 49

Interessante è anche il modo come vengono riuniti i vari *dipoli*. Nello schizzo della fig. 47 si nota che, *in ogni secondo dipolo, i due bracci orizzontali formano una linea unica*, senza interruzione nel mezzo. Il dettaglio riportato nella fig. 48 illustra come sono eseguiti in realtà i *collegamenti*. *Il braccio destro e quello sinistro sono allacciati alternativamente alle due linee d'alimentazione. Solo disponendo i collegamenti con questa giusta regola si ottiene l'effetto direzionale voluto. Nel nostro esempio* ci sono parecchi *dipoli*, uno accanto all'altro, in senso orizzontale e verticale. L'effetto in *direzione orizzontale* è indicato nella fig. 49.

Fig. 50

Uno stesso settore, perpendicolare al piano frontale, risulta percorso da un'intensa irradiazione. La fig. 50 mostra, analogamente l'effetto in *direzione verticale*. In ogni caso per la *direzione verticale* bisogna curare che l'*antenna* sia collocata sul suolo in modo tale ,che la *caratteristica* abbia come *massimo* un *valore sotto i 10°*, a partire dal piano orizzontale. Ciò si può comprendere facilmente. Le onde irradiate, oppure raccolte, vanno dirette, oppure provengono dall'alto, *con un certo angolo.*

Concludendo, ripetiamo che *questi sistemi direzionali sono particolarmente favorevoli per le onde corte o cortissime.* Nella tecnica delle *onde ultracorte, l'antenna direzionale è predominante.* Incontreremo questi problemi d'antenna tanto nella *televisione* che nella *radio a onde ultracorte.* Ma l'applicazione principale di questi problemi è nel campo che oggi è universalmente noto col nome di « *Radar* ».

Domande

1. Che cos'è la radiogoniometria?
2. Come si rileva, mediante misurazione, la caratteristica direzionale di un'antenna?
3. Come si fa per rendere univoca la caratteristica di un'antenna a telaio?
4. In che modo si sopprime l'irradiazione nelle direzioni indesiderate, o la ricezione?

TELEVISIONE

LO STUDIO DI RIPRESA E LA STAZIONE TRASMITTENTE DI TELEVISIONE

L'evoluzione della radio ha seguito il cammino inverso di quello del cinema. Prima fu realizzata la trasmissione delle parole e della musica, poi la televisione. Il cinema invece cominciò come trasmissione muta. La adozione della *parte sonora* costituì un importante progresso ed un completamento indispensabile.

Fig. 51

Lo studio per le radioaudizioni non aveva nessun esempio su cui basarsi e dovette svilupparsi completamente in un campo nuovo; l'attrezzamento delle più moderne sale per la ripresa sonora è basato infatti unicamente sui più recenti perfezionamenti dell'*elettroacustica.* Lo studio di ripresa per la *televisione* potè invece adottare molte soluzioni già usate dal cinematografo. È inutile ripetere che *ogni trasmissione televisiva è sempre corredata dal relativo accompagnamento sonoro, sia parola o musica.* È vero che nella *televisione* il *sonoro* passa un po' in secondo ordine, tuttavia si cerca sempre di ottenere una trasmissione buona anche dal punto di vista *acustico.*

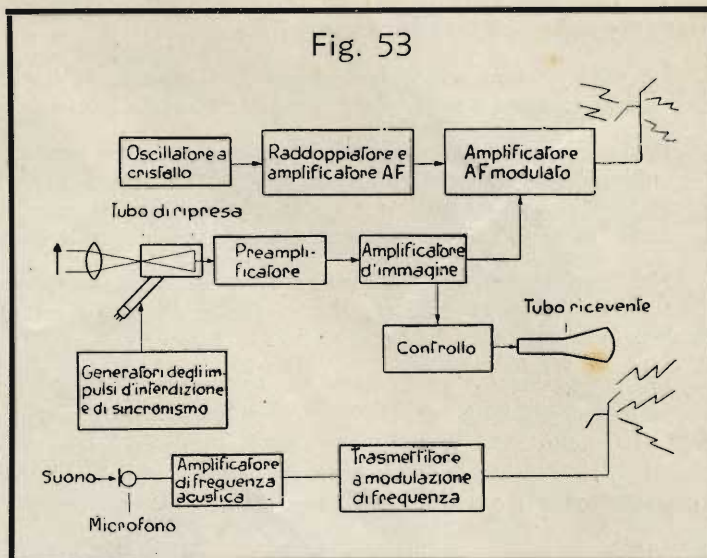
Da quanto avrete letto in merito agli studi cinematografici, saprete che occorre una *grossa macchina da ripresa* ed una *forte illuminazione.* Nello studio televisivo, invece della macchina da ripresa cinematografica col suo complesso sistema ottico e col dispositivo per l'avanzamento della pellicola sensibile, abbiamo la *camera di ripresa televisiva,* con il *tubo d'immagine,* preferibilmente un *Orthikon,* come quello visibile nella fig. 51. Vi abbiamo spiegato che la scena da trasmettere viene proiettata sullo schermo dell'*Orthikon* attraverso un sistema di *lenti.* Il *segnale d'immagine amplificato* serve poi per la modulazione della portante. La fig. 52 mostra l'*interno della camera televisiva.*

Fig. 52

Come il cinematografo, anche la *televisione* viene sempre più applicata per trasmettere non soltanto delle scene riprese nello studio, tra le quinte, ma anche scene all'aria aperta, immagini della vita. Si tratti di una gara sportiva, di uno spettacolo teatrale, di una rivista militare o di un quadro della natura, la *televisione* deve sempre dare allo spettatore l'impressione di assistere direttamente alla scena trasmessa.

È quasi superfluo dire che è possibile trasmettere anche *pellicole cinematografiche,* cioè immagini registrate. Occorre però un *apposito dispositivo accessorio* che consenta di effettuare l'esplorazione con l'esatto procedimento.

Naturalmente anche in *televisione* bisogna sorvegliare la trasmissione, curando particolarmente l'*illuminazione dello sfondo* e *dei particolari* e l'*ottenimento dei giusti contrasti.* Come nelle *radioaudizioni* c'è il *direttore del suono,* così nella *televisione* c'è il *direttore dell'immagine.* Di solito la scena viene ripresa con più macchine, e il direttore sceglie per la trasmissione quella che ritiene migliore.
Spiegheremo quindi lo schema funzionale (fig. 53) di una *moderna stazione trasmittente di televisione.*

All'uscita dal *tubo di ripresa* si ottiene il *segnale d'immagine*. Attraverso vari *stadi amplificatori* se ne aumenta l'ampiezza, fino al valore occorrente per la *modulazione*. Prima però si aggiungono al *segnale d'immagine* gli *impulsi di sincronismo*. La *frequenza portante* proviene da un *oscillatore a quarzo*. Uno *stadio raddoppiatore di frequenza* trasforma la frequenza stabilizzata del quarzo nell'*onda ultracorta* occorrente per la trasmissione. Quando lo *studio di ripresa* ed il *trasmettitore* sono vicini, l'inoltro del *segnale d'immagine* non procura difficoltà. Se invece sono lontani, bisogna *trasmettere il segnale attraverso un cavo*; in questo caso bisogna però usare una *frequenza vettrice modulata col segnale d'immagine. La trasmissione diretta del segnale d'immagine non è possibile, data la sua grande larghezza di banda. L'attenuazione* risulterebbe *diversa secondo le frequenze* e pertanto verrebbero soppresse tutte le finezze dell'immagine.

Dopo la modulazione dell'*onda portante*, si effettua la *parziale soppressione di una delle due bande laterali*. Poichè le due bande occupano complessivamente l'enorme estensione di 9 MHz, è conveniente di sopprimerne una, per risparmiare campo di frequenza ed energia di trasmissione. Per ultimo c'è un *amplificatore di trasmissione a più stadi*, che fornisce l'energia necessaria da addurre all'*antenna trasmittente*.

Oltre ad effettuare l'importante *controllo diretto dell'immagine*, si eseguisce spesso anche un *controllo senza fili*. Si raccoglie l'emissione con un'*antenna ricevente* e se ne verifica la qualità con un normale *ricevitore televisivo*.

La *parte sonora* delle *trasmissioni televisive* costituisce un argomento a sè. Nel *trasmettitore* tutto avviene separatamente; tutt'al più si utilizza *la stessa antenna*. Secondo le raccomandazioni del CCIR (Comitato Consultivo Internazionale per le Radiocomunicazioni), *la portante per il suono deve trovarsi 5,5 MHz sopra la portante dell'immagine*.

Così, per esempio, la progettata *stazione di televisione* per la città di Zurigo funzionerà con una frequenza per l'immagine di 62,25 MHz. Poichè l'ampiezza della banda di modulazione è di 4,5 MHz, la banda superiore, utilizzata per la trasmissione, sarà compresa tra 62,25 e 66,75 MHz, mentre la portante del suono sarà a 67,75 MHz.

Nel campo delle *onde ultracorte* non si impiega più, per il *suono*, il sistema, a noi noto da tempo, della *modulazione d'ampiezza*. In questo campo si è fatta un'ottima esperienza con la cosiddetta « *modulazione di frequenza* », la quale richiede però una *banda di frequenza notevolmente più larga*. D'altro canto l'ampiezza della *banda* occorrente per la *trasmissione del suono*, pur misurando dai 100 ai 150 kHz, è sempre piuttosto esigua nei confronti della *banda per l'immagine*, larga 4 MHz.

Per quanto riguarda la *ripresa del suono*, lo *stadio modulatore* e l'*amplificazione* non c'è nulla da aggiungere. In merito alla *modulazione di frequenza* daremo in seguito maggiori spiegazioni.

Domande

1. Qual è la banda laterale utilizzata nella televisione?
2. Qual è la distanza raccomandata tra la frequenza portante dell'immagine e quella del suono?
3. Come si chiama il sistema di modulazione usato per il suono?

Risposte alle domande di pag. 21

1. Il comando del raggio esplorante nel tubo di ripresa e in quello di riproduzione avviene per mezzo di tensioni a dente di sega, applicate alle placche di deviazione, oppure mediante correnti a dente di sega inviate nelle bobine di deviazione.
2. La trasmissione simultanea del segnale d'immagine e degli impulsi di sincronismo sopra un'unica onda portante è possibile, perchè il segnale d'immagine utilizza il tempo della deviazione uniforme del raggio, mentre i segnali di sincronismo sono emessi nel breve tempo di ritorno del raggio.
3. Per sopprimere lo scintillio, senza aumentare l'ampiezza della banda di frequenza, è stato introdotto il sistema delle linee alterne. Si esplorano dapprima tutte le linee dispari, poi tutte le pari. L'occhio ha così l'impressione di un numero doppio di immagini al secondo ,e lo sfarfallamento appare notevolmente ridotto.
4. La separazione dei segnali di sincronismo, per la deviazione orizzontale e verticale, si effettua, introducendo un filtro passa-alto (orizzontale) ed un passa-basso (verticale).
5. Come oscillatori a rilassamento, nei ricevitori televisivi, si impiegano preferibilmente il multivibratore e l'oscillatore a interdizione.
6. La reazione nell'oscillatore a interdizione avviene attraverso ad un trasformatore, che trasporta le variazioni della tensione anodica alla griglia.
7. Per evitare l'esplorazione e la riproduzione dell'immagine durante il ritorno del raggio, esso viene soppresso mediante applicazione di una tensione negativa d'interdizione al cilindro di Wehnelt o di comando.

Risposte alle domande di pag. 25

1. La radiogoniometria è la tecnica che consente il rilevamento della direzione e della posizione di mezzi naviganti (navi o aerei), con l'aiuto delle onde elettromagnetiche.

2. Per rilevare la caratteristica direzionale di un'antenna ricevente, si dirige su di essa l'onda emessa da una antenna trasmittente collocata alla distanza di alcune lunghezze d'onda. L'antenna ricevente viene posta su un supporto girevole, munito di graduazione in gradi angolari. All'uscita dell'antenna si applica un voltmetro a valvole, e si misura la tensione ricevuta secondo l'angolo di rotazione.

3. Per rendere univoca la caratteristica direzionale di un'antenna a telaio, si sovrappone induttivamente la tensione raccolta dal telaio con quella di una normale antenna verticale. La caratteristica corrisponde allora alla fig. 41.

4. Per sopprimere l'irradiazione in una certa direzione, oppure la ricezione da una certa direzione, si pone dietro all'antenna un riflettore. A questo scopo è indifferente che si impieghi una parete riflettente continua oppure dei singoli *dipoli riflettenti.*

Risposte alle domande di pag. 27

1. Nella televisione si utilizza la banda di modulazione superiore.
2. La portante per il suono dovrebbe trovarsi 5,5 MHz sopra la portante dell'immagine.
3. La portante del suono è generalmente modulata di frequenza.

COMPITI

1. Qual è la frequenza del segnale d'immagine, nel caso di un'immagine costituita da una successione di punti neri e bianchi separati da un punto grigio, supposto di usare la norma americana di 525 × 525 punti e 30 immagini al secondo?

2. Spiegate in base a quali ragionamenti si pervenga a stabilire le frequenze portanti nella televisione.

3. Grazie a quale fenomeno è possibile effettuare l'esplorazione elettronica delle immagini?

4. La tensione delle placche di deviazione di un tubo a raggi catodici può essere sostituita da un campo magnetico generato da bobine. Per quale ragione non è possibile sostituire, in modo analogo, anche la tensione anodica?

5. Quali sono i progressi che hanno contribuito a conferire all'Image-Orthikon una sensibilità essenzialmente superiore a quella dell'iconoscopio?

6. Qual è l'amplificazione di un moltiplicatore a elettroni secondari, supposto che in 6 stadi di rimbalzo si ottengano 2 elettroni secondari per ogni elettrone incidente?

7. Come si fa a verificare la frequenza del generatore grossolano nell'ondametro a interferenza WIP della Rhode e Schwarz, impiegando la frequenza di 4,2 MHz nel generatore di misura fine? La frequenza del generatore grossolano sia inferiore ai 12 MHz.

8. Quante linee vanno perse per l'esplorazione secondo la norma europea, se il ritorno verticale richiede l'8 % dell'intero periodo dell'oscillazione a rilassamento?

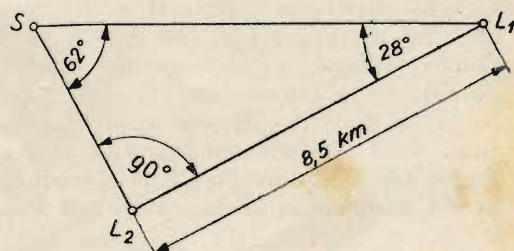
9. In che modo devono agire i vari elementi del multivibratore, per ottenere il breve impulso di scarica del condensatore?

10. Come mai è abbastanza facile ottenere il sincronismo nell'oscillatore a interdizione e nel multivibratore?

11. Che cos'è la caratteristica direzionale di un'antenna ricevente?

12. Come si fa ad ottenere una caratteristica direzionale univoca, realizzando nel contempo un raggio sufficientemente concentrato?

13. Che avviene del segnale d'immagine ottenuto all'uscita dell'apparecchio di ripresa, prima che esso venga irradiato dall'antenna?

14. Posto che nella fig. 37 valgano i valori indicati nello schizzo a fianco, calcolate le distanze SL_1 e SL_2.

DISPENSA N°. 23

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 23

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 23**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Se ripensate alla Dispensa N. 22, il vostro pensiero va subito alla *televisione*. Vogliamo riassumere qui i principali aspetti di questo ramo specialissimo della tecnica. Nel primo Capitolo sono state illustrate le esigenze della tecnica televisiva, per quanto riguarda il numero di punti per immagine ed il numero di immagini per secondo; a questo scopo abbiamo fatto dei raffronti con la *telegrafia d'immagini* e col *cinematografo*. Rammentiamo la *norma europea* che stabilisce 625 linee e 25 immagini intiere al secondo. Per descrivere i sistemi meccanici di scomposizione dell'immagine bastava una breve rassegna storica, poichè oggi non entrano in considerazione che gli strumenti elettronici. Lo *spostamento degli elettroni* avviene per effetto di *campi elettrici* o *magnetici* e, a differenza dei diaframmi e degli specchi mossi meccanicamente, praticamente senza alcuna inerzia. Applicando il principio elettronico nel *tubo dissettore*, si sposta l'immagine, trasformata in *fascio di raggi catodici*, sopra un *diaframma*; in tal modo essa viene *scomposta in punti*. L'inconveniente dell'insufficiente sensibilità del *tubo dissettore* venne superato dapprima nell'*iconoscopio*. La parte principale e caratteristica di questo tubo è il *catodo fotoelettrico a mosaico*.

Il successivo Capitolo, che trattava dell'*effetto dei campi magnetici* sui raggi elettronici, era di particolare importanza. Ricordiamo che esistono queste due principali applicazioni:

1) *deflessione del raggio* per l'esplorazione dell'immagine nel tubo di ripresa, o la sua proiezione nel tubo di produzione;

2) utilizzazione del campo magnetico come *lente convergente*, per la concentrazione dei raggi.

Vi abbiamo poi mostrato in che modo nell'Orthikon si faccia uso del campo magnetico per guidare il raggio.

Soltanto grazie a questo artificio si riesce a realizzare l'esplorazione mediante *elettroni lenti*, evitando così la formazione di *elettroni secondari* e ottenendo una sensibilità molto maggiore di quella dell'iconoscopio. Il tubo americano *Image-Orthikon* raggiunge una sensibilità pressochè uguale a quella dell'occhio umano, grazie al *catodo fotoelettrico continuo* ed alla *lastra dielettrica per l'immagine intermedia*. Il *moltiplicatore a elettroni secondari*, generalmente incorporato nello stesso tubo di ripresa, costituisce il primo *stadio amplificatore* per il *segnale d'immagine*.

Nel Capitolo sugli *ondametri a risonanza* e *ad interferenza* avete conosciuto due metodi importanti per la misura delle alte frequenze.

Il Capitolo successivo trattava nuovamente della *televisione*. La formazione del *segnale d'immagine* e il modo in cui esso viene ritrasformato nell'immagine sono importantissimi, agli effetti di una buona riproduzione. Senza dubbio avete compreso la ragion d'essere dei *segnali di sincronismo*. Vi è stato poi mostrato come, grazie al *sistema a linee alterne*, sia possibile ottenere un'immagine pressochè priva di scintillio, senza aumentare il numero di punti o di immagini al secondo. Dopo aver trattato della *separazione dei segnali di sincronismo di linea* da *quelli d'immagine*, abbiamo descritto gli schemi di principio dei *generatori d'oscillazioni a rilassamento*. La proprietà essenziale dell'*oscillatore a interdizione* e del *multivibratore* è la facilità con la quale essi possono essere sincronizzati. Poichè anche nei ricevitori si fa spesso uso della deflessione magnetica del raggio, è stata esaminata la possibilità di ottenere una *corrente a dente di sega* in una *bobina magnetica*.

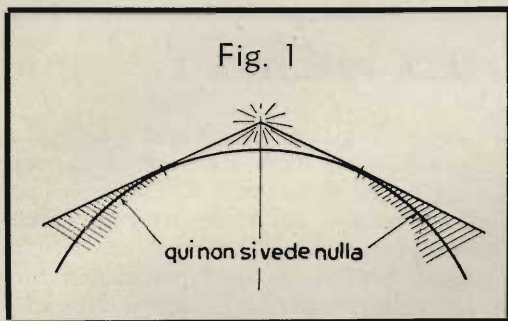
L'ultimo Capitolo era di introduzione ai principi del *radar*. Le *antenne direzionali* consentono di effettuare i *rilevamenti radiogoniometrici*. Soprattutto per le *onde corte* ed ultracorte si possono costruire dei buoni sistemi direzionali, utilizzando dei *dipoli con riflettori*. I grafici, rappresentanti la *caratteristica direzionale* ottenibile con queste antenne, confermano la possibilità pratica d'impiego.

ELETTROTECNICA GENERALE

PARTICOLARITÀ DELLE ONDE ULTRACORTE

Nel passaggio dalle *onde medie* a *quelle corte* si manifestano delle *differenze di comportamento*, che diventano ancor più evidenti quando si procede al campo delle *onde ultracorte*. In primo luogo si osserva che *la propagazione segue delle leggi differenti*. Più le onde diventano corte, e più le loro proprietà si avvicinano a quelle della *luce*. Tutti sappiamo che la luce si propaga in linea retta. Se tra la sorgente e l'osservatore c'è un oggetto, nessun raggio diretto può colpire l'occhio dell'osservatore.

È invece possibile *riflettere* o *rifrangere* la luce; questi fenomeni sono determinati soprattutto dalle proprietà del corpo impiegato, per esempio dalla levigatezza della superficie che riflette la luce.

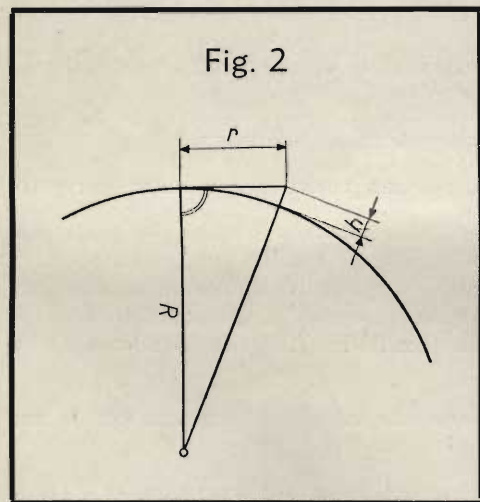
Le onde elettromagnetiche ultracorte si comportano in modo sempre più simile a quello della luce, quanto più alta è la loro frequenza. Per esempio, affinchè un'*antenna ricevente per onde ultracorte* possa captare le trasmissioni di una stazione emittente, bisogna che da essa l'*antenna trasmittente* sia visibile, almeno col canocchiale. Se questa condizione non è rispettata, anche la massima energia di trasmissione non serve a nulla, a meno che non ci sia una via indiretta.

Poichè la Terra ha la forma di una sfera, la distanza, fino alla quale se ne vede la superficie da un punto più o meno alto, è limitata. Come risulta dalla fig. 1, da un punto elevato sopra la superficie terrestre si può vedere solo fino alla distanza, alla quale i raggi incontrano tangenzialmente la superficie della Terra. Salendo sopra una montagna l'orizzonte si allarga molto; d'altra parte le montagne alte, le torri o gli alberi delle navi sono visibili anche a grande distanza.

Le *onde normali* della radio, soprattutto le *lunghe* e le *medie*, *seguono invece la curvatura della Terra, propagandosi lungo il terreno, oppure vengono riflesse dal cosiddetto « strato di Heaviside » o ionosfera, uno strato d'aria situato tra i 100 e i 250 km d'altezza, tornando così alla superficie terrestre. Questa riflessione avviene soprattutto per le onde medie e per quelle corte.* Per le trasmissioni nella gamma delle *onde ultracorte* non resta essenzialmente altra possibilità che quella della *propagazione rettilinea.* Infatti *le onde che seguono il terreno sono assorbite o disperse molto rapidamente dagli ostacoli giacenti sulla superficie terrestre (case, alberi, monti), mentre la riflessione della ionosfera diminuisce aumentando la frequenza.*

Per questa ragione le *stazioni trasmittenti di televisione* vengono sempre collocate *nei punti più elevati.* A New York, per esempio, l'antenna della stazione di televisione è situata in cima all'« Empire State Building », l'edificio più alto del mondo; a Parigi, in cima alla Torre Eiffel.

Per collocare le *antenne trasmittenti di televisione*, si scelgono dunque le sommità più alte, siano di edifici o di monti. In Italia, come in Svizzera, non mancano montagne dalle quali si possano irradiare vaste regioni; tutt'al più può presentarsi l'inconveniente che le onde non possano penetrare nel fondo di qualche vallata.

Trascurando le ineguaglianze della superficie terrestre e supponendo che la Terra sia una sfera liscia, è possibile calcolare matematicamente la *portata* di un'*antenna trasmittente* in linea retta. Il risultato di questi calcoli vale quindi soltanto *in pianura* oppure *sopra il mare.*

Supponiamo dapprima di innalzare un'antenna direttamente sul suolo. L'altezza dell'*antenna* sia h. Nella fig. 2 otteniamo un *triangolo rettangolo*, al quale si applica il *teorema di Pitagora* (vedasi Dispensa N. 13). L'ipotenusa del triangolo rettangolo è costituita dalla somma del *raggio terrestre* R e dall'altezza h dell'antenna. I due *cateti* sono la *portata* r ed il raggio terrestre R. Il valore medio di quest'ultimo è di 6366,5 km. Al suo confronto, l'altezza h è sempre molto piccola, il che risulterà nel calcolo. Secondo il teorema di Pitagora si ha:

$(R + h)^2 = R^2 + r^2$, ossia: $R^2 + 2Rh + h^2 = R^2 + r^2$

Sottraendo da entrambi i membri R^2:

$r^2 = 2Rh + h^2$, ossia: $r = \sqrt{2Rh + h^2}$

Prima di adattare la formula nel modo più pratico, calcoliamo un esempio facile. Calcoliamo la portata per un'altezza di 50 metri. Per ottenere il risultato in chilometri, bisogna inserire naturalmente i valori di R e di h in km .

$r = \sqrt{2 \,.\, 6366{,}5 \,.\, 0{,}05 + 0{,}05^2} = \sqrt{6366{,}5 \,.\, 0{,}1 + 0{,}0025} = \sqrt{636{,}65 + 0{,}0025}$.

Ora fermiamoci un momento e diamo un'occhiata alla *Tabella delle Radici* nella Dispensa N. 5. La differenza tra $\sqrt{630}$ e $\sqrt{640}$ non è grande e quindi possiamo tralasciare il valore $\sqrt{0{,}0025}$ senza fare un errore sensibile. Otteniamo perciò $r = \sqrt{636{,}65} = 25{,}22$ km .

Il raggio terrestre è noto e può essere ritenuto costante (trascuriamo il cosiddetto « *appiattimento ai poli* », avendo adottato il valore *medio*. La formula può essere perciò semplificata.

Se misuriamo h in metri e vogliamo ottenere r in km, dobbiamo aggiungere il fattore 10^{-3}. Allora otteniamo:

$r = \sqrt{2 \,.\, 6366{,}5 \,.\, h \,.\, 10^{-3}} = \sqrt{12{,}733 \,.\, h}$

$$r = 3{,}57 \,.\, \sqrt{h}$$ . . . . Formula (69)

In questa formula otteniamo r in *km* mettendo h in *metri*. Nell'esempio precedentemente considerato si ottiene ora semplicemente: $r = 3{,}57 \cdot \sqrt{50} = 3{,}57 \cdot 7{,}071 = 25{,}22$ *km*.

Interessa inoltre anche il caso, importante in pratica, che sia l'*antenna trasmittente*, come *quella ricevente*, si trovino *ad un'altezza determinata sopra il suolo.* Come risulta dalla fig. 3, *la massima distanza possibile tra le due antenne è quella per cui il raggio che le collega è tangente alla superficie terrestre.* Dallo schizzo si deduce facilmente che la *portata* è $r + r' = 3{,}57\sqrt{h} + 3{,}57\sqrt{h'}$ e la si ottiene perciò *addizionando le due portate singole.* Se quindi la nostra *antenna ricevente* avesse l'altezza di 9 metri, la *portata* complessiva diverrebbe

$$r + r' = 25{,}22 + 3{,}57\sqrt{9} = 25{,}22 + 3{,}57 \cdot 3 = 25{,}22 + 10{,}71 = 35{,}93 \text{ km}.$$

Queste considerazioni sono assai utili per scegliere il luogo più opportuno ove collocare le *antenne per onde ultracorte.* D'altra parte *le relazioni rappresentate da queste formule non hanno una validità assoluta; per le lunghezze d'onda comprese tra qualche metro e circa 10 metri, la portata delle trasmittenti supera sovente il limite della visibilità; ciò è da attribuire a fenomeni di diffrazione causata dalle creste montane.* In certe giornate, in cui sussistono condizioni particolarmente favorevoli per la propagazione, è possibile la ricezione di stazioni distanti fino a 500 km. Questo fenomeno non può essere più spiegato con la *diffrazione delle onde per effetto delle montagne,* ma dipende dalla *rifrazione delle onde negli strati d'aria tra i mille ed i 10 000 metri d'altezza,* i quali costituiscono la cosiddetta« *troposfera* » e sono fortemente influenzati dalle condizioni metereologiche. Poichè però queste condizioni favorevoli sono eccezionali, non possono esser messe a fondamento di calcoli di valore generale.

Bisogna menzionare anche un'altra particolarità delle *onde ultracorte. Mentre quelle più lunghe tra le onde ultracorte attraversano la nebbia e la pioggia, quelle più corte subiscono delle riflessioni. È pertanto possibile determinare la posizione delle nubi da grandine e dei rovesci d'acqua mediante le onde ultracorte. Le onde ultracorte vengono riflesse inoltre dalle montagne e, in genere ,da tutti gli oggetti di grandi dimensioni, cosicchè a volte possono penetrare nei luoghi più impensati.*

Finora abbiamo parlato delle questioni riguardanti la *propagazione.* È chiaro però che anche i tubi elettronici e gli amplificatori, destinati all'impiego con le *onde ultracorte,* dovranno presentare delle notevoli differenze di costruzione, rispetto a quelli per le *onde medie.* Accenneremo solo brevemente a questi problemi. Parlando delle *valvole* abbiamo già fatto notare che le capacità tra gli elettrodi producono dei disturbi. È ovvio che con le *onde ultracorte,* le quali posseggono una *frequenza altissima,* queste capacità si facciano sentire molto maggiormente. È perciò di importanza fondamentale, nella tecnica delle *onde ultracorte,* di ridurre il più possibile tutte le *capacità parassite,* sia nelle *valvole* che nei *collegamenti.* Cercando la soluzione di questo problema, penserete dapprima senz'altro ad *aumentare tutte le distanze tra i vari elettrodi della valvola.* Prima di aderire a questa proposta, dobbiamo però esaminare un'altra questione.

Gli elettroni volano con una velocità enorme dal catodo all'anodo. Negli *amplificatori per la gamma delle onde medie,* il tempo occorrente agli elettroni per andare dal catodo all'anodo è piccolissimo, in confronto al periodo delle oscillazioni; pertanto si può ritenere che il comando della corrente anodica avvenga senza alcuna inerzia. Nel campo delle *onde ultracorte,* invece, *il tempo impiegato dagli elettroni diventa di grandezza paragonabile alla durata del periodo di oscillazione*; la conseguenza di questo fatto è che diviene sempre più difficile effettuare l'*amplificazione.*

Un semplice esempio chiarirà meglio le cose. In un *diodo* la distanza tra il catodo e l'anodo sia di cm 0,5; la velocità media degli elettroni sia di 5 000 km/sec = $5 \cdot 10^8$ cm/sec.

Vogliamo calcolare a quale frazione del periodo corrisponda il *tempo di spostamento degli elettroni* a 1 MHz e a 500 MHz (60 cm).

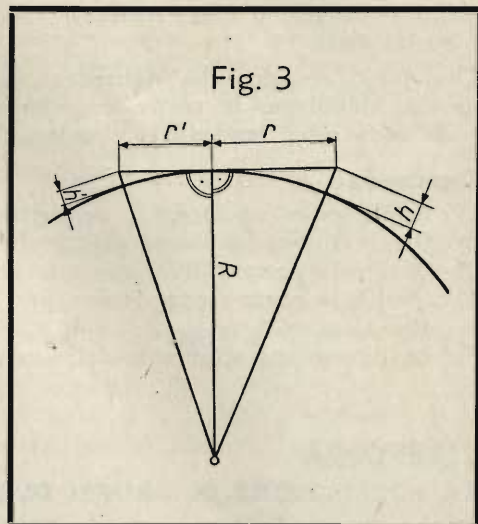
Tempo di spostamento degli elettroni: $\dfrac{0{,}5}{5 \cdot 10^8} = 10^{-9}$ sec

Durata del periodo a 1 MHz: 10^{-6} sec.

a 500 MHz: $2 \cdot 10^{-9}$ sec

Mentre alla frequenza di *1 MHz* passa soltanto $\dfrac{10^{-9}}{10^{-6}} = 10^{-3} = \dfrac{1}{1000}$ di *periodo,* durante il tempo di spostamento degli elettroni, a *500 MHz* passa invece $\dfrac{10^{-9}}{2 \cdot 10^{-9}} = \dfrac{1}{2}$, quindi *mezzo periodo! Le relazioni di fase non sono allora più giuste e l'amplificazione viene abolita.*

Questo breve calcolo deve servire unicamente a farvi comprendere la necessità di costruire *valvole di piccole dimensioni.* Non è la mania dei « record », ma unicamente l'assoluta necessità che ha indotto a costruire dei sistemi elettrodici che sono veri gioielli di precisione. Solo questi *sistemi piccolissimi* rispondono alla duplice esigenza di possedere *piccole capacità* e rendere possibili dei *brevi tempi di spostamento degli elettroni.* L'in-

conveniente che si presenta è quello dei *più elevati carichi specifici dei materiali*; ad esso si ovvia usando nuovi materiali, di qualità migliore.

I *collegamenti delle valvole* costituiscono delle *induttanze* che nel campo delle *onde ultracorte* si fanno notare. Anche questa ragione costringe a costruire apparecchiature compatte e di dimensioni minuscole, perchè altrimenti si ottengono delle *reattanze d'accoppiamento induttive* che crescono con la frequenza, guastando tutti i calcoli fatti.

Con questi accenni, che riguardano tanto la struttura dei tubi elettronici quanto il loro montaggio e collegamento, chiudiamo le nostre considerazioni. Abbiamo così richiamato la vostra attenzione sulle esigenze delle *onde ultracorte*, rendendovi comprensibili molte cose che, a tutta prima, parrebbero strane.

Domande

1) In che cosa consistono le somiglianze nella propagazione della luce e delle onde ultracorte?
2) Quale circostanza limita principalmente la portata delle onde ultracorte?
3) Qual è la portata di un'antenna per onde ultracorte alta 120 metri?
4) Qual è la portata complessiva per il collegamento tra l'antenna della domanda 3 e un'antenna ricevente alta 15 metri?
5) Le dimensioni minuscole delle valvole per onde ultracorte sono dettate dalla mania di « record »?

TELEFONIA

LA FORMAZIONE DI GRUPPI DI RETI TELEFONICHE ED IL LORO TRAFFICO

La descrizione dei tre principali sistemi di *telefonia automatica*, introdotti in Svizzera, vi ha fornito una certa visione d'assieme sulla composizione delle *centrali locali*. Abbiamo chiarito il modo in cui, in linea di principio, si stabiliscono i collegamenti anche nelle centrali più grandi. Vi abbiamo però già detto che in Svizzera la maggior parte degli utenti del telefono può essere chiamata automaticamente da qualsiasi località di tutto il paese. In Italia lo sviluppo non è ancora pervenuto a questo punto, ma esistono già *unità regionali*, nei limiti delle quali la chiamata diretta e automatica è possibile anche da una rete locale all'altra. È ovvio che il collegamento diretto tra tutti gli utenti di un paese sarebbe senz'altro possibile, se essi fossero tutti allacciati ad un'unica, gigantesca centrale. Bisognerebbe allora che ciascun utente fosse collegato con un'apposita linea a due fili con la centrale, e tutte le comunicazioni passerebbero attraverso a questa. Applicando questo ragionamento, si giungerebbe però a conseguenze paradossali. Supponiamo che la centrale si trovasse a Roma. Nel caso che un utente di Milano volesse parlare con Torino, il collegamento dovrebbe passare per Roma! È ovvio che una siffatta conformazione della rete telefonica non sarebbe economica. Quindi l'unica soluzione logica è quella di costruire tante *singole centrali* che comprendano ciascuna una città o una piccola regione. La conseguenza della suddivisione della rete nazionale in tante *reti locali* è che, volendo realizzare la chiamata diretta e automatica da una rete all'altra, gli impulsi del disco combinatore devono poter comandare dei *selettori collocati in località differenti*.

La distribuzione delle centrali

Come in tutte le cose, anche nella *telefonia automatica* bisogna seguire la giusta via di mezzo. Si costruiscono delle centrali locali di maggiore o minore estensione, secondo le necessità locali; queste centrali non sono però tutte parificate agli effetti della formazione di comunicazioni interurbane.

Per comprendere meglio cosa ciò significhi, conviene che consideriamo a titolo d'esempio, i numeri di chiamata usati in Svizzera per le comunicazioni interurbane.

L'inizio della *chiamata interurbana* (o *teleselezione*) ha luogo con la formazione della *cifra zero*. Con ciò rimane stabilito che l'utente *desidera parlare con un utente di un'altra rete*.

Segue la *cifra che contraddistingue la regione*. A questo scopo la Svizzera è stata suddivisa in 8 regioni, che si raggruppano essenzialmente attorno alle maggiori città. Queste regioni sono contraddistinte con le cifre da 2 a 9, che vengono dopo lo zero. Per esempio 2 è la regione di Losanna-Ginevra, 3 Berna, 5 Zurigo, ecc. Le regioni sono ulteriormente suddivise in *gruppi minori*, contraddistinti dalle cifre 1, 2, 3 . . . 9, 0, che seguono al terzo posto. Per esempio, per chiamare un utente della città di Winterthur, che appartiene alla regione di Zurigo, bisogna formare dapprima le tre cifre 052, dove il due contraddistingue il gruppo di Winterthur, al quale appartengono le reti urbane di Winterthur stessa, nonchè altre. L'essenziale è che il collegamento arrivi fino al gruppo di centrali al quale appartiene l'utente da chiamare.

Le *centrali più importanti* sono quelle che costituiscono i *nodi di collegamento interurbano*: esse sono collegate tra loro e tutte le chiamate interurbane devono passare attraverso ad esse. Esse sono collocate nelle maggiori città, ove si svolge la maggior parte del traffico interurbano. Si possono anche chiamare « *centrali regionali* ».

Seguono, in ordine d'importanza, le *centrali terminali interurbane*, le quali circondano come satelliti le *centrali regionali*. Le *centrali terminali interurbane* e le *centrali regionali sono*, nello stesso tempo, *centrali principali* dei propri gruppi di reti. Seguono le *centrali intermedie*, che adempiono ad una funzione intermediaria nell'ambito di un gruppo. Infine ci sono le *centrali terminali*, che sono allacciate direttamente, oppure attraverso alle *centrali intermedie*, alla *centrale principale del gruppo*. Le designazioni delle singole centrali possono variare alquanto, secondo il sistema di selezione automatica impiegato, ma ciò è di secondaria importanza.

L'equipaggiamento delle centrali

Naturalmente le grosse *centrali principali* sono equipaggiate con tutti i *selettori* o *cercatori* occorrenti I *SG*, II *SG*, III *SG*, inoltre *SL* (o corrispondenti *cercatori*). Le *centrali regionali* posseggono inoltre l'equipaggiamento occorrente per il *traffico interurbano in partenza, in arrivo ed in transito; quest'ultimo non esiste invece nelle centrali terminali.*

Ora però non vogliamo descrivere l'equipaggiamento in sè, bensì esaminare ciò che può mancare nell'una o nell'altra centrale. Cominciamo perciò coi *gruppi di reti* e consideriamone l'*esercizio interno*. Prendiamone la più piccola unità, la *centrale terminale*, e supponiamo che essa sia collegata direttamente con la *centrale capogruppo*. Quando l'utente della *centrale terminale* solleva il ricevitore, esso occupa un *registratore libero* della *centrale locale* (qui supponiamo di avere il *sistema Hasler*). Contemporaneamente rimane però occupato anche un *registratore nella centrale capogruppo*. Come sappiamo, la prima cifra indica già se la comunicazione richiesta è *interurbana* o *locale*. In quest'ultimo caso il collegamento con la *centrale capogruppo* si interrompe, al più tardi dopo la formazione della terza cifra, mentre il numero è raccolto dal *registratore locale*. Trattandosi di una *piccola rete rurale*, essa non avrà naturalmente numeri di cinque cifre, per la qual cosa verranno soppresse due o eventualmente tre cifre.

Secondo la grandezza della *centrale terminale* basterà un solo *cercatore di linea* o, tutt'al più, ancora un *cercatore di gruppo*. Invece nell'ambito del *gruppo* occorrono, per la selezione di numeri a 5 cifre, I *CG*, II *CG*, III *CG* e *CL*. Come vedete, nella *centrale terminale* si possono fare delle economie. Se il numero degli utenti non supera il centinaio, basta un solo *CL*. Occorre però anche un I *CG*, il quale deve decidere, all'inizio della selezione, se si tratta di *chiamata interurbana* o di *collegamento nell'interno del gruppo*. Se l'estensione della *centrale terminale* è maggiore, occorre anche un II *SG* oltre al *SL*. Ciò basta, come sapete, per 1000 utenti.

Un altro caso semplice è quando si chiede un collegamento dal *centralino terminale* con la *centrale capogruppo*. La prima parte della selezione avviene come sopra. Il *registratore della centrale capogruppo* raccoglie l'intiero numero di cinque cifre. Le prime cifre denotano che l'utente richiesto fa parte della rete della *capogruppo*: il *registratore* occupa pertanto gli occorrenti *SG*. Nel contempo, il *registratore del centralino terminale* si distacca, poichè devono intervenire nella selezione soltanto i *cercatori della centrale capogruppo*.

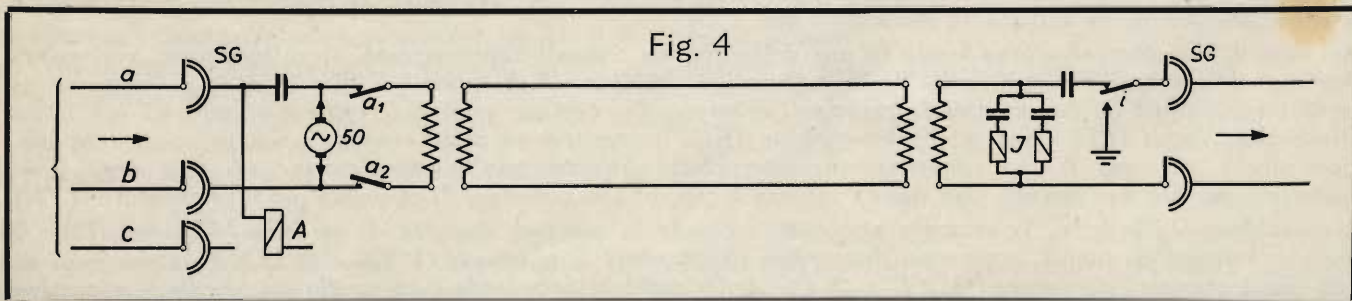
Il collegamento relativamente più complicato si ha quando si vuol parlare da un *centralino terminale* ad un altro *centralino terminale*. Anche in questo caso si occupano dapprima un *registratore nel centralino terminale* ed *uno nella centrale capogruppo*. Le prime cifre comandano ora i I *CG* nella *centrale capogruppo*, in modo da effettuare il collegamento col *centralino terminale* richiesto. Le due o tre cifre occorrenti per provocare il collegamento nel *centralino terminale* vengono raccolte anche dal *registratore* di quest'ultimo, oltrechè da quelli del *centralino chiamante* e della *centrale capogruppo*. Finalmente entrano in azione i *cercatori del centralino terminale* richiesto, individuano l'utente chiamato e, effettuata la prova di linea libera, stabiliscono il collegamento. Questo è dunque il caso in cui sono in funzione *cercatori* e *registratori* di diverse centrali.

Naturalmente il funzionamento diviene ancora più complicato, qualora i *centralini terminali* siano allacciati attraverso *centralini intermedi*. Allora il collegamento attraversa tutte le tappe intermedie ed entrano in azione non meno di cinque *registratori*. Mentre per il *traffico in partenza* occorrono dei *registratori completi* per tutti gli ordini di *cercatori*, nel *traffico in arrivo* bastano dei *registratori* per un numero di cifre adeguato al numero degli utenti del *centralino*. Ecco qui un altro vantaggio del *registratore*.

Il *sistema a selezione diretta* è più semplice, perchè non richiede i *registratori*, ma bisogna però che tutti i *selettori* siano immediatamente liberi, per evitare di trovare la linea occupata.

Per consentire il collegamento reciproco tra *centrali automatiche* appartenenti a tutti e tre i sistemi impiegati in Svizzera, l'Amministrazione delle Poste, dei Telegrafi e dei Telefoni ha fissato delle *Norme*, che prescrivono l'adozione dei *registratori* o di *organi analoghi* per i collegamenti interurbani. Questo compito è assolto nel *sistema a selezione diretta* dai cosiddetti « *ripetitori d'impulsi* ».

La Teleselezione

Nel *traffico locale* la selezione non comporta alcuna difficoltà, perchè i *relè* rispondono con sufficiente sicurezza alle interruzioni della *corrente di riposo* provocate dal *disco combinatore*. La cosa è differente quando si devono superare *grandi distanze*, magari attraversando delle *stazioni d'amplificazione*. Per la selezione nelle comunicazioni interurbane si ricorre pertanto alla *corrente alternata*; in Svizzera è prescritta a questo scopo la frequenza di 50 Hz. Nella fig. 4 è dimostrato come avviene la trasformazione degli impulsi di *corrente continua* in impulsi di *corrente alternata*, nonchè l'inoltro di questi. Le interruzioni di *corrente continua*, che pervengono attraverso al filo *a* ai *selettori di gruppo*, fanno funzionare il *relè A*. Un *condensatore* separa il

circuito a corrente continua da *quello a corrente alternata.* Ogni qualvolta il *relè A* rimane senza corrente a seguito delle interruzioni provocate dal *disco combinatore*, viene immesso nella linea, che alla estremità è allacciata attraverso dei trasformatori, un impulso di *corrente alternata* a 50 Hz, il quale provoca l'attrazione del *relè J* nella centrale opposta.

Anche questo *relè* è reso insensibile alla corrente continua per mezzo di *condensatori*, i quali nello stesso tempo servono ad accordarlo con la frequenza di 50 Hz. Il *contatto di riposo i* del relè *J* trasmette ai *selettori di gruppo* del *circuito d'entrata* le medesime interruzioni, che sono state inviate dal *disco combinatore* al relè *A*. Queste interruzioni agiscono di nuovo in *circuiti a corrente continua.* È quindi possibile trasmettere gli impulsi di selezione con *corrente alternata*, evitando di inviare *corrente continua* nella linea interurbana.

Nei casi in cui si trasmettono varie comunicazioni (da 12 a 48) attraverso due coppie di un cavo (ossia nella *telefonia a frequenze vettrici*), non è possibile usare *corrente alternata* a 50 Hz. In questi casi si impiega in Svizzera una frequenza di 3 000 Hz. La trasmissione degli impulsi avviene nell'identico modo, soltanto che il relè *J* viene eccitato attraverso un *amplificatore* con filtro accordato su 3 000 Hz.

Il contatore di tempo e di zona

Qualsiasi comunicazione telefonica costituisce un servizio reso dall'amministrazione telefonica e, cometale, soggetto a tassazione. Per le conversazioni locali si applica una tariffa unitaria, indipendente dalla durata. Osservazioni protrattesi per anni hanno dimostrato che *la durata media delle conversazioni locali è di 2 minuti*; ciò ha consentito di fissare un prezzo relativamente esiguo. Le *comunicazioni interurbane* invece sono tassate in base alla loro *durata* ed alla *distanza* tra gli utenti collegati. È ovvio che, volendo realizzare la selezione automatica anche nelle comunicazioni interurbane, bisognava attuare un dispositivo che registrasse automaticamente la tassazione prescritta, non appena la comunicazione avesse luogo. Per non complicare eccessivamente la costruzione dei contatori, si fissò per le *comunicazioni interurbane* una *tariffa composta da unità fondamentali.* Queste tariffe valgono tutte per una *durata* della comunicazione di *3 minuti.*

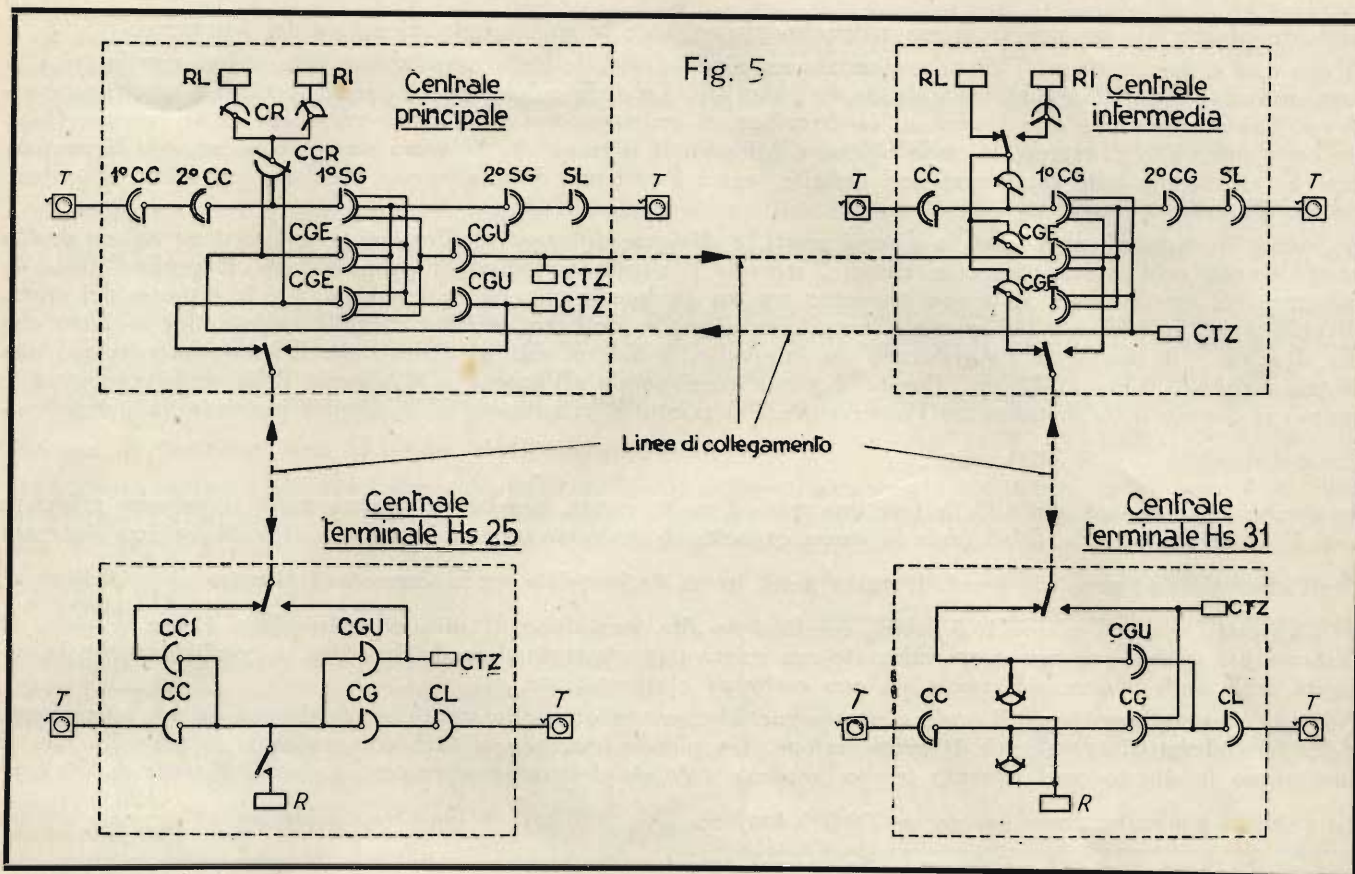
Il *contatore* assomiglia, come principio, ad un *selettore a passo a passo*, per esempio al *preselettore Siemens.* Esso è dotato inoltre di un *numeratore* simile a quelli universalmente noti dei *contachilometri* oppure dei *contatori di energia elettrica.* Nelle *comunicazioni locali*, per esempio, viene inviato al contatore un impulso che lo fa avanzare di un passo, registrando un'unità minima di tassazione. Nelle *comunicazioni interurbane*, viene inserito nel circuito il *contatore di tempo e di zona.* Esso emette *ogni tre minuti* una *serie di impulsi, il cui numero dipende dalla distanza tra le centrali collegate.* Supponiamo, per esempio, che una conversazione tra due località distanti 20 km abbia la durata di 5 minuti. La tariffa per tre minuti viene applicata *due volte*; il costo della telefonata è quindi il doppio dell'unità di tariffa. Il *contatore* riceve *per due volte tre impulsi* che, secondo il sistema, vengono emessi all'inizio oppure alla fine di un periodo di tre minuti.

Un'altra specialità del sistema svizzero è la *tariffa ridotta nelle ore notturne*, dalle 18 di sera alle 8 di mattina, per le *comunicazioni interurbane.* Con ciò si vuole ottenere uno sfruttamento più uniforme delle linee. La doppia tariffa si effettua provocando una *commutazione dei contatori nelle ore notturne*, per la qual cosa essi emettono un numero minore di impulsi.

Come vedete, l'uso di uno *speciale trasmettitore d'impulsi*, costituente il *contatore di tempo e di zona*, consente di applicare senza difficoltà la tariffa per le *comunicazioni interurbane* usando il semplice *contatore di comunicazione* impiegato per il *traffico locale.*

Il gruppo di reti telefoniche sistema Hasler

Come esempio di un *gruppo di reti telefoniche collegate* consideriamo il caso del *sistema Hasler.* Nella fig. 5 sono riportate una *centrale principale* (*capogruppo*), una *centrale intermedia* e due *centraline terminali.* Trattandosi di uno schema semplificato, mancano tutti i dettagli; sono indicati unicamente i *cercatori*, i *registratori*, i *contatori di tempo e di zona* e gli *apparecchi d'utente.* Gli *organi di commutazione* sono disegnati, per semplificare con un solo polo, mentre in realtà, come sapete, i *cercatori Hasler* posseggono 4 *banchi.* Un altro segno speciale è costituito dalle *frecce direzionali.* Esse significano che le linee di collegamento nella direzione dalla *centrale principale* alla *centrale intermedia* sono separate da quelle per la direzione dalla *centrale intermedia* alla *centrale principale.* Invece le linee di collegamento con le *centraline terminali* vengono usate *nei due sensi*, ma subiscono una *commutazione.* Nella figura esse sono disegnate nella posizione corrispondente ad una comunicazione proveniente dalla *centralina terminale.* Qui non si tratta, naturalmente, della separazione tra le due direzioni d'inoltro della conversazione, come nelle linee a due e a quattro fili, ove tale separazione è resa necessaria dagli *amplificatori.* Si tratta unicamente del fatto che, quando la chiamata proviene dalla *centrale principale*, si effettua il collegamento sulla *linea superiore*, quando invece proviene dalla *centrale intermedia*, si utilizza la *linea inferiore.*

Nel caso di una *comunicazione locale* in una delle quattro centrali rappresentate, il collegamento avviene attraverso ai *cercatori* riportati sulla linea orizzontale che unisce *i due utenti T.* Per la selezione vengono inseriti i *registratori R.* Nelle *centrali principali* e *intermedie* esistono però dei *registratori separati* per le *comunicazioni locali* (*RL*) e per quelle *interurbane* (*RI*). Il *registratore nella centrale principale* entra in funzione anche nel caso di una *comunicazione interurbana che attraversa la centrale principale*, pur senza che vi partecipi uno dei suoi utenti. Per questa ragione è previsto un *cercatore di chiamata* per il *registratore* (*CCR*). Come abbiamo già detto, la *centrale principale* richiede la maggior quantità di *cercatori* differenti. Dato il maggior numero di utenti, occorrono *due ordini di cercatori di chiamata* (1° *CC* e 2° *CC*). La stessa cosa dicasi per i *cercatori di gruppo* (1° *CG* e 2° *CG*) nella *centrale principale* e in *quella intermedia.* La *centrale*

principale contiene inoltre i *cercatori di gruppo d'entrata* (*CGE*) e *d'uscita* (*CGU*). Una comunicazione proveniente dalla *centrale principale* e diretta alla *centralina terminale* passa attraverso al *CGU*; invece la comunicazione proveniente dalla *centralina terminale* e diretta alla *centrale principale* passa attraverso al *CGE*, al 2° *CG* ed al *CL* per raggiungere l'utente *T*. Una comunicazione tra la *centralina a sinistra in basso* e la *centrale intermedia* entra nella *centrale principale* attraverso il *CGE* ed esce attraverso il *CGU*. È facile comprendere la funzione dei *CGE* contenuti anche nella *centrale intermedia* e in *quella terminale sistema Hasler* del 1931 (Hs 31). Invece la vecchia *centralina terminale Hasler del 1925* (Hs 25) è costituita in maniera un po' differente. Essa possiede un *CGU* che entra in funzione non appena il *CG* ha trovato un *registratore* libero, e cerca una linea libera per il collegamento con la *centrale principale*. Il *traffico uscente* passa attraverso il *CGU*. Il *traffico in arrivo*, costituito dalle comunicazioni provenienti dalla *centrale principale*, viene smaltito dal *cercatore di chiamata interurbana* (*CCI*), che lo passa ai *cercatori di gruppo e di linea*, provocando contemporaneamente l'intervento del *registratore*.

In tutti i collegamenti tra *due centrali differenti* viene sempre inserito un *contatore di tempo e di zona* (*CTZ*), che emette gli impulsi necessari per il contatore delle conversazioni dell'utente chiamante.

Ci accontenteremo di questo esempio. Ripetiamo ancora che i *cercatori di gruppo d'entrata e d'uscita* (*CGE* e *CGU*) vengono impiegati nei collegamenti tra *centrali diverse*. Ogni *CGE* è assegnato ad una determinata linea proveniente da una *centrale esterna*. I *CGU* della *centrale principale* dirigono il traffico verso le *centrali secondarie*. Lo schema della fig. 5 ci ha mostrato molte novità, anche se in forma molto semplificata, cosicchè siamo ora in grado di formarci un'idea abbastanza esatta di come funzioni un gruppo di reti telefoniche equipaggiate per la *teleselezione automatica*.

Domande

1) Perchè la teleselezione automatica non si realizza facendo passare tutti i collegamenti attraverso un'unica, gigantesca centrale?
2) Con che cosa si inizia la teleselezione?
3) Di quali grandezze tengono conto i contatori di tempo e di zona?
4) Quali sono i cercatori che partecipano alla formazione del collegamento tra la centrale terminale e quella principale (fig. 5)?

RADAR

LA MISURA DELL'ECO

Avete certamente già notato molte volte il modo di prodursi dell'*eco*. Questo fenomeno si manifesta con particolare intensità davanti ad una parete rocciosa in montagna, soprattutto se ai piedi di questa si estende un

laghetto alpino. A noi ora interessa naturalmente soltanto la spiegazione scientifica del fenomeno.

A che cosa è dovuta l'eco? Da una sorgente sonora partono delle *onde acustiche*, propagandosi con la velocità loro propria. Riferiamoci all'esempio sopra descritto. Le onde colpiscono la parete rocciosa e ne vengono *riflesse*. Ciò significa che esse *invertono la direzione di propagazione e ritornano verso chi le ha emesse*. Dopo un certo intervallo di tempo, le *onde riflesse* colpiscono la persona che le aveva emesse e questa ode la propria eco. Se sussistono delle condizioni ben definite, come l'esistenza di una *parete rocciosa ben liscia*, si ottiene un'*eco netta*.

Se invece il suono viene *riflesso in diversi punti, a distanze differenti dall'osservatore*, si ottiene un'*eco multipla*. I singoli echi arrivano successivamente, secondo il rispettivo tempo di propagazione. È perfino possibile misurare col contasecondi il tempo trascorso tra un grido e la sua eco e calcolare da ciò la distanza del punto di riflessione. La *velocità del suono* è nota; per esempio, nell'*aria asciutta* è di 330 *m/sec*. Supponiamo che tra il grido e la eco netta sia trascorso un intervallo di 5,4 secondi, si deduce che il suono ha percorso una distanza di 5,4 . 330 = 1782 m . Questa distanza corrisponde all'andata e al ritorno delle *onde sonore* ed è quindi il doppio della distanza tra l'osservatore e il punto di riflessione; nell'esempio presente, la parete rocciosa disterebbe $\frac{1782}{2} = 891$ metri.

In questo modo è però ben difficile fare una misura molto esatta, perchè col contasecondi si possono misurare solo i decimi di secondo. D'altronde la stessa capacità di reazione umana impedisce di stabilire con sicurezza degli intervalli di tempo più brevi. Il suono però, in un decimo di secondo, copre una distanza di $\frac{1}{10} \cdot 330$ m = 33 metri; la metà, e cioè 16,5 metri, corrisponde alla precisione di misura realizzabile. Come si vede, le distanze più grandi possono essere misurate con relativa precisione nel modo descritto, a condizione che la velocità delle *onde sonore* sia conosciuta con esattezza e sia costante.

Noi qui ci occupiamo però di *onde elettromagnetiche*, e non di quelle acustiche; dobbiamo quindi tener conto della loro elevatissima velocità di propagazione. Un piccolo esempio ci farà comprendere le difficoltà che si incontrano in questo caso. Quanto tempo impiega un'onda elettromagnetica per coprire la distanza di 100 km? La velocità è uguale, come sapete, a 300 000 km/sec. Per 100 km, le *onde radio* impiegano $\frac{100}{300\,000}$ sec = $\frac{1}{3} \cdot 10^{-3}$ sec = *0,333 millisecondi*. Se si vuol ottenere una *precisione di 1 km*, bisogna poter misurare dei tempuscoli di 3,33 *microsecondi* (= *milionesimi di secondo*).

Naturalmente i comuni orologi o cronometri non possono servire a questo scopo e la misura deve avvenire automaticamente, indipendentemente dall'operatore. Prima di continuare dobbiamo quindi esaminare le possibilità che esistono per la *misura dei tempi brevissimi*.

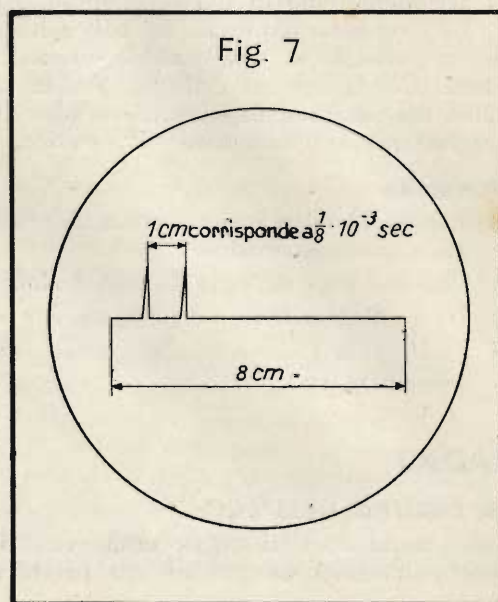
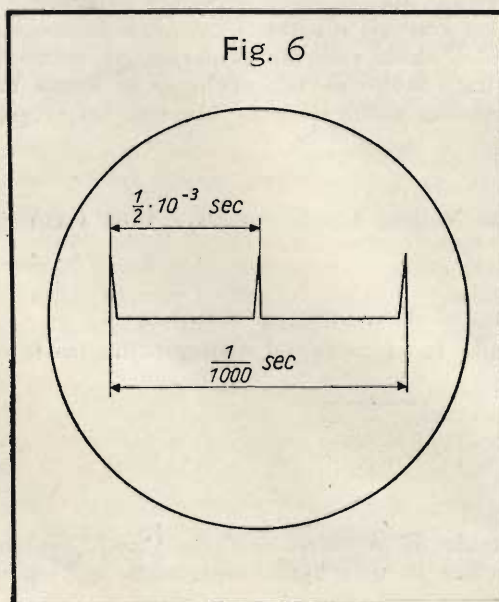
Misura di tempi brevissimi col tubo di Braun

Senza dover riflettere a lungo, possiamo immaginare che delle *oscillazioni sinusoidali* che si susseguano rapidamente, come per esempio quelle utilizzate nel *cronometro a quarzo*, debbano costituire delle buone suddivisioni di tempo. Ricordiamo a questo proposito che, in un *tubo di Braun*, nel quale si abbia una *deflessione orizzontale*, p. es., di 8 cm, provocata da una *tensione a dente di sega* della frequenza di soli 1000 Hz, ogni *oscillazione a rilassamento* si compie nel tempo di *un millesimo di secondo*. All'inizio di ogni millesimo di secondo il raggio elettronico comincia a segnare la traccia luminosa all'estremità dello schermo. In un mezzo millesimo di secondo, esso raggiunge il centro dello schermo, percorrendo così 4 centimetri.

Applichiamo ora alle *placche verticali di deflessione* un breve impulso periodico a intervalli di $\frac{1}{2000}$ di secondo.

Sullo schermo appariranno delle punte come quelle rappresentate nella fig. 6. (Per semplificare abbiamo ammesso qui che il tempo di ritorno del raggio sia nullo). Facciamo per ora il caso di *deviazioni periodiche*, perchè l'osservazione di impulsi isolati è molto più difficile da realizzare con le normali apparecchiature di misura.

Se facciamo un confronto con la precisione ottenibile nei contasecondi, vediamo su-

bito quale enorme vantaggio si ottiene col *tubo a raggi catodici*. Sul quadrante di un contasecondi ad ogni *decimo di secondo* corrisponde un *arco di cerchio della lunghezza di un quarto di millimetro*. Nell'esempio sopra riportato abbiamo invece *un millesimo di secondo* che corrisponde a *8 cm!*

Ammesso che con misure di precisione si possa apprezzare sullo schermo un decimo di millimetro, troviamo che a questa suddivisione minima della scala corrisponde un *tempo* di $\frac{10^{-1}}{8 \cdot 10^{1}} \cdot 10^{-3}$ sec $= 0{,}125 \cdot 10^{-5}$ sec $=$ *1,25* . 10^{-6} *sec*, poichè 8 cm $= 8 \cdot 10^{1}$ mm .

Ecco realizzata così la possibilità di registrare sullo schermo dei *tempuscoli di pochi microsecondi*. Per esempio, nella fig. 7, la distanza tra le due punte, che è di un centimetro, equivale a un *tempo* di $\frac{1}{8} \cdot 10^{-3}$ secondi.

Se abbiamo quindi due fenomeni che si succedono periodicamente, e conosciamo la frequenza della *deviazione orizzontale*, allora la distanza misurata sullo schermo del *tubo di Braun* tra gli impulsi corrispondenti ai due predetti fenomeni, è una *misura univoca del tempo che trascorre tra l'uno e l'altro*. Naturalmente bisogna far in modo che ciascun fenomeno provochi un *impulso di deflessione verticale* nel *tubo di Braun*.

Misura di distanza con le onde elettromagnetiche

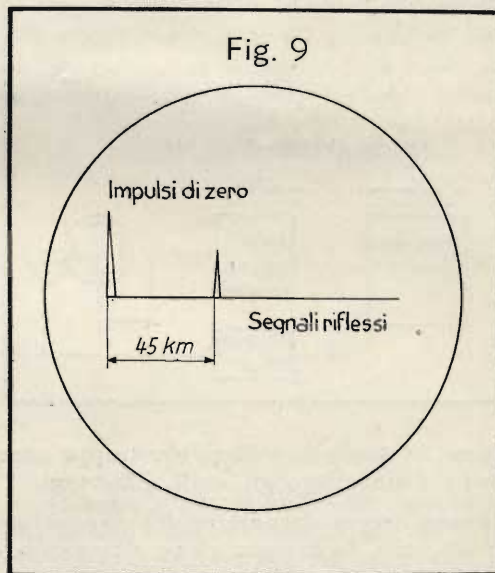
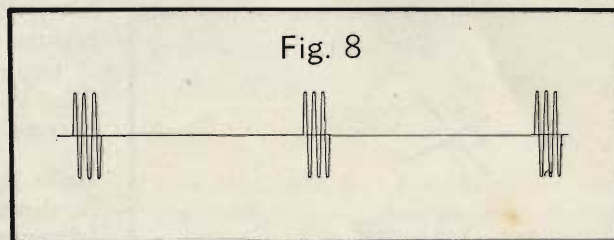
Dopo aver constatato che con l'aiuto del *tubo di Braun* si possono misurare dei tempi brevissimi, proveremo ad effettuare delle *misure di eco* con le *onde elettromagnetiche*. L'esempio acustico considerato all'inizio dimostra che prima bisogna *emettere delle onde*, poi *ricevere le onde riflesse* e quindi *misurare il tempo trascorso*. Un'importante esigenza risiede quindi nel fatto che le *onde elettromagnetiche* devono *essere riflesse* da oggetti determinati.

Si trovò ben presto che, per ottenere delle *buone riflessioni*, bisogna impiegare delle *onde molto corte*. Effettivamente si usarono *lunghezze d'onda comprese tra 3 cm e 3 m* . Se le onde venissero emesse in modo continuo, non ci sarebbe possibilità di stabilire quando l'onda ricevuta è stata emessa e perciò la misura di tempo sarebbe impossibile. Bisogna quindi *emettere le onde a impulsi* e nell'istante in cui si devono *ricevere le onde* il *trasmettitore* non deve essere in funzione. L'apparecchio invia una serie di *oscillazioni ad AF*, un cosiddetto « *treno d'onde* »; segue un'*interruzione relativamente lunga* e quindi una *nuova emissione*, com'è rappresentato graficamente nella fig. 8.

Ogni singolo impulso può contenere, per esempio, 1000 oscillazioni; per una *lunghezza d'onda di 30 cm*, che corrisponde a $\frac{300\,000\,000}{3 \cdot 10^{-1}} = 10^{9}$ Hz, la *durata di un impulso* sarebbe quindi $10^{3} \cdot 10^{-9} = 10^{-6}$ sec $=$ *1 microsecondo*.

Se confrontiamo le figure 6 e 8, viene naturale il pensiero che, ad ogni escursione del raggio, si debba emettere un *treno di onde*. Allora è facile, con l'emissione dell'impulso, ottenere un *segnale*, che si fa coincidere col *punto di zero* sull'*asse dei tempi* nel *tubo di Braun*. L'impulso successivo segue alla distanza di $\frac{1}{1000}$ sec. È questo il *tempo massimo* previsto per *l'andata e il ritorno dell'onda elettromagnetica*. È facile calcolare che, in questo tempo, l'onda percorre una distanza di $300\,000 \cdot \frac{1}{1000}$ km $= 300$ km . L'oggetto che riflette l'onda non deve quindi essere più lontano della metà di questa distanza, ossia di 150 km . Allora *il segnale riflesso compare sullo schermo del tubo a raggi catodici ad una distanza, dal segnale di zero, proporzionale alla distanza dell'oggetto*, come è rappresentato nella fig. 9. Va inoltre osservato che gli impulsi rappresentati nella fig. 8 sono veramente troppo larghi; in realtà la forma degli impulsi sarà proprio quella che si vede nella fig. 9.

Nella fig. 9 il *segnale riflesso* è pervenuto molto prima del termine del millisecondo, intercedente tra due emissioni successive di impulsi. Possiamo leggere ora *la distanza direttamente in chilometri* anzichè, come nella figura 7, in unità di tempo, perchè, data la velocità costante di propagazione delle *onde elettromagnetiche*, la distanza percorsa ed il tempo trascorso sono proporzionali tra loro. Abbiamo già calcolato che la distanza corrispondente all'escursione del raggio catodico *attraverso tutto lo schermo è uguale a 150 km*. Suddividendo linearmente questo tratto, misuriamo nel nostro caso una distanza di 45 km.

Finora ci siamo preoccupati soltanto della parte più importante, cioè della determinazione del tempo intercorrente tra l'impulso emesso e quello riflesso. Ora vogliamo invece considerare un *impianto completo per la localizzazione radioelettrica*.

RADAR

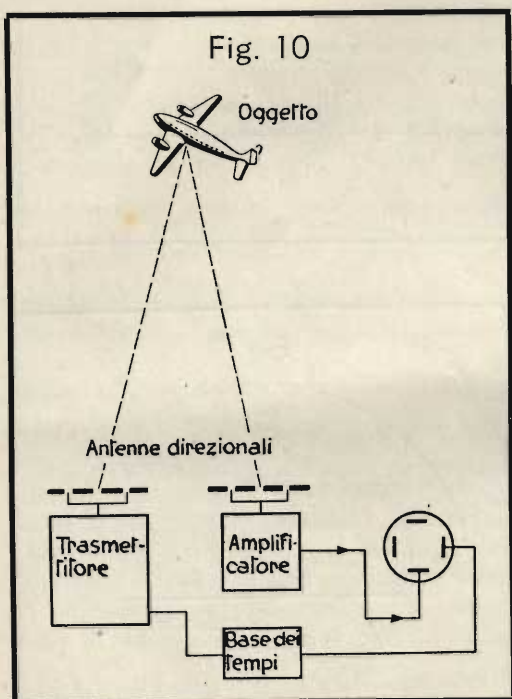
Spieghiamo dapprima questa parola misteriosa, che ha fatto il giro attraverso la stampa di tutto il mondo poco tempo dopo la fine della seconda guerra mondiale. Si tratta di un'abbreviazione coniata in America. Essa significa: *RA*dio *D*irection *A*nd *R*ange, ossia *determinazione della direzione e della distanza* («range ») *per mezzo della radio.*

La novità essenziale di questo *sistema di localizzazione* è che, sfruttando l'*eco*, non richiede la collaborazione attiva dell'oggetto rilevato. Ciò è in contrasto col metodo descritto nel Capitolo « *Radiogonometria* », metodo per il quale la nave o l'aereo che vuole determinare la propria direzione deve trasmettere o ricevere le onde radio.

Col *radar* invece si segue la rotta di navi o di aerei da una *stazione fissa*, situata, per esempio, sulla costa.

Per potere svolgere il compito di determinare la *direzione nella quale si trova un oggetto*, non esiste altra possibilità che quella di impiegare un'*antenna direzionale con la caratteristica più stretta possibile.* Una *parete di dipoli* costituita da numerosi elementi radianti di *onde corte* produce con facilità il sottile raggio localizzatore, con l'aiuto del quale si va in cerca del bersaglio invisibile. Il vantaggio dell'impiego di un *raggio molto concentrato* risiede non solo nella *maggior facilità di determinare la direzione dell'oggetto*, ma anche nel *risparmio di energia*, che consente di realizzare. È un fenomeno analogo a quello che, per la luce, si ha nei *riflettori.* Se si impiegassero le lampade dei fari senza lo specchio riflettore, la luminosità, già a breve distanza, sarebbe insignificante e insufficiente a riconoscere gli oggetti. Solamente la concentrazione di tutti i raggi per effetto dello specchio riflettore (specchio parabolico) consente di inviare tutta la luce nella direzione voluta.

L'*antenna direzionale trasmittente* può quindi essere paragonata a ragione col *riflettore di un faro*. Se poi anche per l'*antenna ricevente* si impiega un *sistema direzionale*, viene esaltata per la seconda volta la direzione cercata, per la qual cosa si ottiene una *maggiore energia di ricezione*, che usando un'antenna normale.

Nella fig. 10 è rappresentato schematicamente il procedimento di localizzazione col *radar*. Il *trasmettitore* emette brevi impulsi d'alta frequenza, come è indicato nella fig. 8. *Questi treni di onde vengono diretti verso l'oggetto, dal quale sono riflessi e tornano all'antenna ricevente.* Naturalmente, se la distanza è grande, l'onda rimane molto indebolita. Nella *riflessione* poi si disperde la massima parte dell'energia, e soltanto una porzione minuscola dell'energia emessa dal *trasmettitore* ritorna al *ricevitore.* Questo deve pertanto esser dotato di un *amplificatore molto sensibile. L'impulso d'alta frequenza viene amplificato in vari stadi, fino ad ottenere una tensione d'ampiezza sufficiente per provocare, dopo il suo raddrizzamento, una deflessione verticale chiaramente rilevabile sullo schermo del tubo di Braun. L'impulso di zero* perviene generalmente per via diretta dal *trasmettitore* al *ricevitore.* È infatti ben difficile eseguire una schermatura completa, del *ricevitore* verso il *trasmettitore*, dato che si trovano l'uno accanto all'altro, nel medesimo posto d'osservazione. Quindi anche l'*impulso di zero* viene amplificato e determina sullo schermo una *deflessione verticale*, che automaticamente viene a trovarsi all'origine dell'*asse dei tempi.* Comunque è *conveniente deporre e schermare la linea d'alimentazione del trasmettitore*, in modo da evitare che troppa energia pervenga direttamente all'*amplificatore ricevente*, potendo essa anche danneggiare gli *stadi d'ingresso.*

Rimane ancora da parlare del *dispositivo per l'asse dei tempi.* Anche qui si impiega un'*oscillazione a rilassamento*, che facilmente viene sincronizzata dal *trasmettitore.* Nel Capitolo sulla *televisione* abbiamo svolto una ampia trattazione dei sistemi usati per realizzare il sincronismo, cosicchè possiamo rimandare a quanto ivi spiegato.

Il *segnale di sincronismo* viene inviato dal *trasmettitore* al *tubo di Braun* nell'istante in cui il raggio deve iniziare lo spostamento partendo dal lato sinistro.

Per eseguire la localizzazione è necessario poter muovere le *antenne direzionali.* Queste sono montate pertanto su una *torretta girevole*, che consente qualsiasi movimento e contiene nell'interno tutte le apparecchiature, compreso il *trasmettitore*, il *ricevitore* ed il *tubo a raggi elettronici.* Nella fig. 11 è visibile una *stazione radar per la difesa antiaerea.* Da notare però che qui l'*antenna direzionale* non è del tipo già descritto; abbiamo invece uno *specchio parabolico*, che descriveremo spiegandovi l'apparecchio *radar da panorama.* Le *apparecchiature trasmittenti* e *riceventi* ed il *tubo di Braun* si trovano sotto al telo, alla portata dell'osservatore. La stazione qui fotografata è dotata anche di un *riflettore.* L'aereo viene dapprima individuato per mezzo del *radar* e poi illuminato col *riflettore.*

Ora vorreste naturalmente sapere in che modo si impiega un apparecchio *radar* di questo genere per seguire, per esempio, la rotta di un aereo. Generalmente la *posizione approssimativa* dell'oggetto viene segnalata dal l'osservazione avanzata.

Dirigendo le *antenne* in questa direzione, si rileva sul *tubo di Braun* un segno alla distanza corrispondente all'oggetto. *L'esatta direzione si ottiene orientando le antenne, finchè il segno raggiunge la massima altezza.* La distanza dell'oggetto può invece essere determinata immediatamente, appena rilevato il segno, anche senza conoscere l'esatta direzione.

È facile immaginare che, avvicinandosi l'aereo, l'*impulso di riflessione* si muove lentamente verso il segno di *zero*. L'enorme importanza che riveste per l'aviazione il controllo delle rotte per mezzo del *radar*, è evidente. Questo sistema venne sviluppato per scopi bellici, ma ha dimostrato la sua grande utilità anche per l'*aviazione civile*. Esso dà al passeggero quella sicurezza che è indispensabile, affinchè l'aeroplano, questo importantissimo, moderno mezzo di trasporto, possa competere con la ferrovia, l'automobile e la nave.

Fig. 11

Per chiudere questo Capitolo dobbiamo considerare ancora un problema. Supponiamo che, impiegando per l'*asse dei tempi* una frequenza di 1000 Hz, si possano misurare in modo univoco le distanze fino a 150 km. Dove si presenterà l'*impulso riflesso* di un oggetto situato a 170 km di distanza? Calcoliamo il tempo impiegato dall'onda per l'andata e il ritorno.

$170 \cdot 2 = 340$ km è il percorso dell'onda, e $\frac{340}{300\,000}$ sec $=$
$= 1{,}133 \cdot 10^{-3}$ sec il tempo impiegato. Poichè l'impulso viene emesso ogni 10^{-3} sec, un nuovo impulso è già stato emesso nel frattempo; l'eco perviene quindi soltanto $0{,}133 \cdot 10^{-3}$ sec dopo l'emissione dell'impulso successivo. Evidentemente il *segno riflesso* appare sullo schermo *nello stesso posto*, come un segnale che sia stato in cammino per un tempo di $0{,}133 \cdot 10^{-3}$ sec e che abbia quindi percorso una distanza di $0{,}133 \cdot 10^{-3} \cdot 300\,000$ km $= 40$ km.

Un oggetto situato a 170 km appare quindi sullo schermo del tubo di Braun nello stesso posto di un oggetto a $40/2 = 20$ km. Spesso basta la *differenza nell'ampiezza del segno* per capire se l'oggetto è a 20 o a 170 km. In ogni caso si può ricorrere ad una *commutazione della frequenza d'impulso e di deflessione*, in modo da raddoppiarla o dividerla a metà. *Il campo di misura si riduce a metà raddoppiando la frequenza, e si raddoppia, se si riduce la frequenza alla metà.*

Questo problema non è però di grande importanza, trattandosi sempre di rilevanti differenze di distanza.

Domande

1) Su che cosa è basata la misura dell'eco?
2) Per quale ragione la misura dell'eco elettromagnetica è un problema della misura di tempi brevissimi?
3) Che significa l'abbreviazione « *radar* »?
4) Quali sono i due vantaggi dell'antenna direzionale?
5) Quali sono le principali parti costituenti un'apparecchiatura *radar*?

RADIOTECNICA

LA RADIODIFFUSIONE A ONDE ULTRACORTE

Voi stesso sapete per esperienza che la portata delle radiotrasmittenti è limitata e che le differenti lunghezze d'onda si propagano secondo differenti leggi. Poichè i *programmi di televisione* comportano la trasmissione simultanea dell'*immagine* e del *suono*, è importante che, sia l'una che l'altro, vengano trasmessi per mezzo di onde della stessa qualità, per evitare, per esempio, che il *suono* possa essere ricevuto da solo, a maggior distanza dell'*immagine*. Questa circostanza diede il primo impulso alla *radiodiffusione a onde ultracorte*, come abbiamo già accennato nella Dispensa precedente. Presto si scoperse altresì che la *radiodiffusione a onde ultracorte con modulazione di frequenza* (possibile in questa gamma) consentiva una *riproduzione molto migliore* che non nelle normali gamme d'onda. Non bisogna quindi meravigliarsi se in alcuni paesi, cominciando dagli Stati Uniti d'America e dalla Germania, e recentemente anche in Italia, si è sviluppata una speciale rete di *radiodiffusione a onde ultracorte*. Questi impianti non presentano alcuna differenza, rispetto al canale del suono della *televisione* e perciò ne possiamo trattare una volta sola.

La modulazione d'ampiezza nella radio

Prima di illustrare i vantaggi della *modulazione di frequenza*, vogliamo richiamare alla memoria le particolarità essenziali della *modulazione d'ampiezza*. Nelle Dispense NN. 6 e 15 abbiamo mostrato schematicamente ciò che si ottiene con la *modulazione d'ampiezza*. L'intensità del segnale di *BF* è espressa dalla variazione dell'ampiezza dell'*AF*; per avere un funzionamento privo di distorsioni, l'ampiezza della *BF* non deve superare quella dell'*AF*; se fosse uguale si avrebbe ,com'è noto, un *fattore di modulazione* del 100 %. Le *bande laterali*, che dipendono dalla massima *BF* da trasmettere, sono limitate a ± 4,5 kHz attorno all'onda portante.

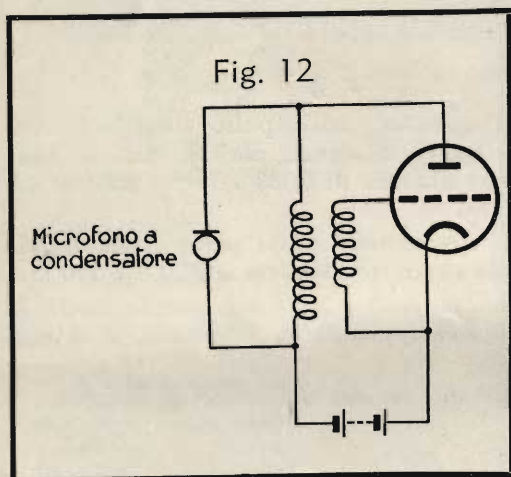
Ciò significa che, normalmente, non si possono trasmettere suoni di frequenza superiore ai 4,5 kHz.

Ancora un'osservazione circa il *fattore di modulazione*. Il *limite superiore* è il *100 %*, *quello inferiore* si aggira attorno all'*1 %*, mentre la *modulazione media normale* è attorno al *25 %*. Ciò significa che *si può riprodurre una variazione di volume sonoro soltanto nel rapporto di 1 : 100*, mentre l'orecchio umano distingue variazioni dell'ordine 1 : 1 000 000 = 1 : 10^6. Il *rapporto fra il massimo ed il minimo volume sonoro di una trasmissione* è denominato « *dinamica* ». È superfluo spiegare qui che esistono dei metodi per aumentare la *dinamica* anche con *modulazione d'ampiezza*.

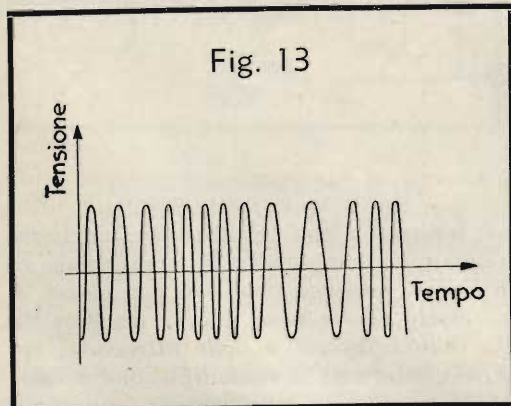
Una *caratteristica* importante, benchè spiacevole, della *modulazione d'ampiezza*, è la facilità con la quale *risente dei disturbi*. In generale i disturbi si sovrappongono alle *onde d'alta frequenza* usate per la trasmissione, sommando semplicemente le rispettive ampiezze. Fin dal Capitolo che trattava dell'*eliminazione dei disturbi* voi sapete che *qualsiasi scarica o scintilla elettrica produce onde elettromagnetiche* delle più differenti lunghezze. Se tra esse sono pure comprese delle lunghezze d'onda che cadono entro la *banda di frequenze* di una trasmissione, le corrispondenti ampiezze dell'*AF* risultano modificate, e pertanto si ha una *variazione nella modulazione* e quindi un *disturbo*.

La modulazione di frequenza

Nella Dispensa N. 21 abbiamo conosciuto un sistema di *modulazione di frequenza*, usato per la *trasmissione senza fili delle immagini*. Si impiega una frequenza variabile in relazione alla luminosità del punto considerato.

È importante a questo proposito notare che *la luminosità è espressa direttamente dalla differenza della frequenza rispetto ad una frequenza normale*. Nella *telegrafia d'immagini* si tratta però sempre di variazioni relativamente piccole, data la lentezza dell'esplorazione.

Per fissare meglio le idee, consideriamo subito uno schema determinato (fig. 12). Si tratta di un semplice *trasmettitore d'AF a reazione*, che impiega come capacità del circuito oscillante un *microfono a condensatore*. L'unica differenza rispetto alla fig. 41 della Dispensa N. 16 consiste nel fatto che, invece di un normale *condensatore*, c'è un *microfono a condensatore*; elettricamente ciò non ha però alcuna importanza. Se un suono va a colpire il *microfono a condensatore*, la capacità dello stesso varia ritmicamente con la frequenza del suono. Secondo la *formula di Thomson*, la diminuzione della capacità provoca un aumento della frequenza dell'*oscillatore* e viceversa. Rispetto al valore che presenta quando il *microfono* è in silenzio, l'*AF* diviene quindi più alta e più bassa nel ritmo della *frequenza acustica*.

Ricordiamo quindi:

> *In un'oscillazione modulata in frequenza, la frequenza modulante è espressa dal numero di pendolamenti eseguiti al secondo dall'AF, attorno al valore della frequenza portante non modulata.*

Il passo seguente è ancora più facile da comprendere. Se le *oscillazioni acustiche* che colpiscono il *microfono a condensatore* sono deboli, la variazione di capacità è piccola e quindi anche la *massima deviazione dell'AF*, dalla *frequenza portante non modulata*, è piccola. Se invece l'intensità sonora è grande, si ottiene naturalmente anche una forte deviazione di frequenza. Possiamo quindi formulare la seconda constatazione:

> *In un'oscillazione modulata in frequenza, l'ampiezza della BF è espressa dalla deviazione massima della frequenza momentanea dalla frequenza portante non modulata.*

La rappresentazione grafica di un'*oscillazione modulata in frequenza* è riportata nella fig. 13. L'ampiezza dell'*AF* non varia più; tutte le variazioni si ripercuotono unicamente sulla *frequenza*. La *massima deviazione della frequenza* non dipende più, come nella *modulazione d'ampiezza*, dalla *frequenza di modulazione*, ma unicamente dalla sua *ampiezza*.

Nella fig. 13 si vede, all'inizio, un'*oscillazione sinusoidale uniforme*; la curva passa attraverso lo zero a intervalli equidistanti. Successivamente si presenta un *aumento della frequenza*, rilevabile dal fatto che, nell'unità di tempo, c'è un *numero maggiore di oscillazioni*; queste risultano *più fitte*, come corrisponde alla frequenza più elevata. Quindi *le oscillazioni diventano più lente*; nel grafico, esse appaiono *diradate*. Infine si ha un *nuovo aumento della frequenza*; insomma, la *frequenza dell'oscillazione cambia continuamente*. In realtà il grafico della fig. 13 è un po' esagerato, perchè nelle *onde ultracorte* la variazione relativa non è così rilevante. Un grafico perfettamente consono alla realtà non sarebbe però abbastanza chiaro e comprensibile.

Anche l'*AF modulata in frequenza* richiede una certa *estensione di banda*, come per la *modulazione d'ampiezza*. Però, diciamolo subito, *l'estensione è molto maggiore* e comprende un campo di ± *75 kHz*. Che cosa

ciò significhi voi lo sapete già dallo studio della *modulazione d'ampiezza*; qui però la banda è larga circa 20 volte tanto.

Questa è anche la spiegazione del fatto che, *nelle normali gamme d'onda, non si fa uso della modulazione di frequenza.* Tutta la gamma delle *onde medie* non potrebbe contenere, per esempio, che 6 o 7 *trasmittenti modulate in frequenza.* La questione, se sia migliore la *modulazione d'ampiezza* o *quella di frequenza,* non può quindi nemmeno essere posta nella gamma delle *onde medie.* C'è poi il fatto che, nelle *onde medie,* la variazione relativa della frequenza con una banda di $\pm$ 75 kHz è molto maggiore che per le *onde ultracorte*; per esempio, a 50 MHz la *variazione relativa* è solo 1/50 di quella a 1 MHz, e non è quindi importante. Se poi si tratta del *canale del suono di una trasmissione televisiva,* anche l'estensione di 150 kHz per la *modulazione di frequenza* è piccola, rispetto alle larghissime *bande di frequenza* necessarie per la *televisione.*

Osserviamo nuovamente la fig. 13. L'*ampiezza delle oscillazioni* è sempre *uguale*; anzi essa dev'essere mantenuta sempre costante nel *ricevitore,* affinchè si manifesti esclusivamente la pura *modulazione di frequenza.*

Dato quindi che l'ampiezza non contiene la *BF,* ne consegue che anche delle variazioni d'ampiezza dovute a disturbi non si fanno quasi sentire.

Da ciò dipende essenzialmente la *quasi assenza di disturbi nelle trasmissioni a onde ultracorte modulate in frequenza.*

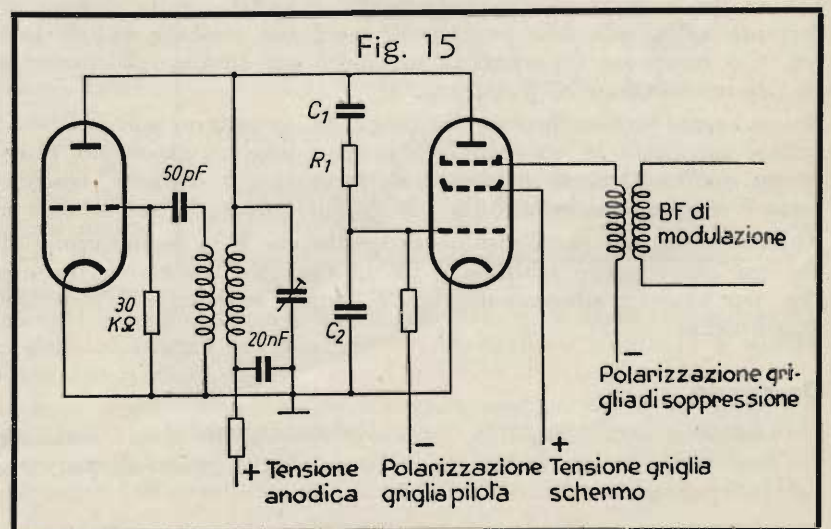
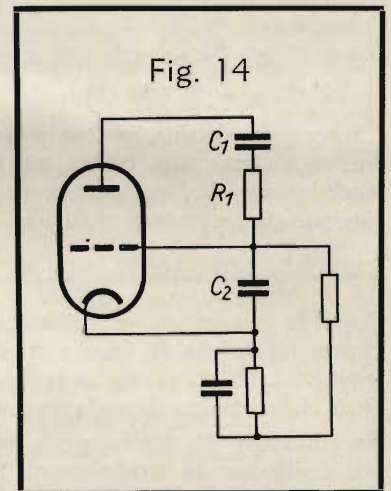
In realtà contribuisce a questa assenza di disturbi anche un'altra circostanza. Come abbiamo visto, la possibilità di ricevere le *onde ultracorte* è limitata dall'orizzonte ottico. *Manca quindi la zona di passaggio tra la buona e la cattiva ricezione.* Data anche la *modulazione di frequenza, le trasmissioni a onde ultracorte si ricevono bene, o non si ricevono del tutto.* In pratica, *la zona di passaggio si manifesta dal fatto che periodi di buona ricezione si alternano con periodi senza ricezione*; in altre parole, *manca la sicurezza di poter ricevere la stazione trasmittente.*

Lo schema del modulatore

Lo schema col *condensatore a microfono* è stato da noi riportato solo per dimostrare in linea di principio la possibilità di realizzare la *modulazione di frequenza.* È chiaro che non si lavora con lo schema della fig. 12. In pratica si manifesta sempre, assieme alla *modulazione d'ampiezza,* in piccola misura anche la *modulazione di frequenza,* senza che essa venga utilizzata. Naturalmente le possibilità di schemi sono infinite, ma ci accontenteremo di spiegarne uno di importanza fondamentale.

Come principio è il medesimo schema che divenne noto negli ultimi anni prima della guerra per l'*esatta sintonia automatica,* ma che oggi non trova più applicazione per questo scopo. L'essenziale è disporre di una *valvola a pendenza variabile col punto di lavoro.* Non occorre effettivamente la forte variazione della pendenza che si ha nelle *valvole per il controllo automatico del volume*; si preferisce invece una *pendenza media alquanto superiore.* I principali elementi di circuito riportati nella fig. 14, oltre alla *valvola,* sono la *resistenza* R_1 ed il *condensatore* C_2. Il compito del *condensatore* C_1 è di impedire che la corrente continua passi dal *circuito anodico* a *quello di griglia.* In questo modo la *valvola* si comporta, tra l'anodo e il catodo, come una *reattanza.* È evidente che ciò dipende dalla *reazione* provocata dall'accoppiamento della *griglia* all'*anodo* attraverso C_1 ed R_1. La *reattanza induttiva* ha il seguente valore: $\omega L = \frac{1}{S} \cdot R_1 \cdot \omega \cdot C_2$, dove S è la *pendenza* della valvola impiegata. Come risulta da questa relazione, la *reattanza* varia assieme alla *pendenza.*

Gli elementi rimanenti servono a produrre la polarizzazione della *griglia-pilota.* La fig. 15 mostra un semplice *stadio modulatore,* che prenderemo come esempio per spiegare il funzionamento sostanziale del sistema. A sinistra abbiamo un *generatore d'AF* del solito tipo. Il *circuito accordato di risonanza* è inserito nel collegamento anodico; il *condensatore da 20 nF* serve a condurre a massa l'*AF* dall'estremità *inferiore* della *bobina.* La *reazione* avviene *induttivamente*; il *condensatore allacciato alla griglia* impedisce che la *bobina di reazione* costituisca un cortocircuito, agli effetti della corrente continua, per la *resistenza da 30 kΩ.* Come sapete, nei *generatori d'oscillazioni* questa resistenza serve a produrre automaticamente la *polarizzazione di griglia.*

La parte di destra della fig. 15 è soltanto l'applicazione dello schema della fig. 14. R_1 è una *resistenza* compresa tra 20 e 100 kΩ; il *condensatore* C_1 di separazione

per la corrente ha un valore di 20 nF. La seconda parte, in ordine di importanza, è il *condensatore* C_2, che ha una capacità di circa 20 pF. La polarizzazione negativa viene applicata alla *griglia-pilota* attraverso ad una *resistenza ohmica elevata*, del valore di alcune centinaia di kΩ. La *griglia-schermo* è collegata in modo normale e non porta *AF*. La *modulazione* si effettua attraverso la *griglia di soppressione* della *valvola ausiliaria*. Questa *griglia* è sottoposta ad una tensione negativa di 20-30 volt, cui si aggiunge la *BF* con un'ampiezza di circa 10 volt. La tensione della *griglia di soppressione* varia pertanto nel ritmo della *BF*.

Nello stesso ritmo varia altresì la *pendenza* della *valvola ausiliaria*.

Quest'ultima è però inserita in parallelo al *circuito oscillante* del *generatore d'AF*. Come abbiamo accennato più sopra, la *reattanza* della *valvola* varia in funzione della *pendenza*. Pertanto la *frequenza di risonanza* del *circuito oscillante* viene modificata nel ritmo della *BF* e si genera in tal modo un'*oscillazione di AF modulata in frequenza*.

Un po' di conti servirà a dimostrare l'effetto del dispositivo. La *frequenza portante*, compresa nella gamma delle *onde ultracorte*, sia di 50 MHz. Calcoliamo, in base alla *formula di Thomson*, l'*induttanza del circuito oscillante* per il caso che la corrente nella *valvola ausiliaria* sia bloccata (e quindi la *pendenza* zero), ammettendo una *capacità del circuito oscillante* di 20 pF.

Da $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, ovverossia: $\omega^2 = \frac{1}{LC}$, si deduce: $L = \frac{1}{\omega^2 C}$.

Inserendo i valori dati, otteniamo per l'*induttanza*:

$$L = \frac{1}{(2\pi \cdot 50 \cdot 10^6)^2 \cdot 20 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{(100\pi)^2 \cdot 10^{12} \cdot 20 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{10^4 \cdot \pi^2 \cdot 20} = \frac{5}{\pi^2} \cdot 10^{-6} = 0{,}507 \cdot 10^{-6}$$

$L = 0{,}507\ \mu H.$

Per la frequenza di risonanza le *reattanze* sono uguali e quindi:

$$R_{ind} = R_{cap} = \omega L = \frac{1}{\omega C} = 0{,}507 \cdot 10^{-6} \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 10^6 = 0{,}507 \cdot \pi \cdot 100 = 159{,}1 = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-12}}$$

$$= \frac{1}{2\pi \cdot 10^{-3}} = \frac{500}{\pi} = 159{,}1\ Ohm.$$

Posto $R_1 = 25$ kΩ, $C_2 = 20$ pF e la pendenza utile della valvola $S = 2$ mA/V, la *reattanza addizionale* del complesso diventa:

$$R_{compl} = \frac{1}{S} \cdot R_1 \cdot \omega \cdot C_2 = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-12} = \frac{1}{2} \cdot 25 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 20$$

$$= 25\,000\,\pi = 78\,600\ Ohm.$$

L'inserzione di una *reattanza* da 78 600 ohm in parallelo a 159,1 ohm non costituisce una sensibile variazione dell'*impedenza* risultante; tuttavia dobbiamo ricordare che le variazioni della frequenza nelle trasmissioni a *modulazione di frequenza* sono relativamente assai piccole. Il calcolo esatto sarebbe troppo complicato; la *variazione di frequenza* può però essere calcolata con buona approssimazione nel seguente semplice modo:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{159{,}1}{78\,600} \cdot 50 \cdot 10^6\ Hz = 1{,}01 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^6\ Hz = 50{,}5\ kHz.$$

Poste le condizioni generalmente date nelle *trasmissioni a onde ultracorte*, si può ammettere in via del tutto approssimata che la *banda di AF frequenza necessaria* per la trasmissione equivalga all'*escursione totale della frequenza*. A un esame superficiale del problema, la cosa può sembrare ovvia; invece dobbiamo insistere sul fatto che si tratta di un'*approssimazione grossolana* e valida soltanto con determinati presupposti.

Da tutto questo deriva però, ovviamente, che la *variazione della pendenza* della valvola costituisce un mezzo per realizzare la *modulazione di frequenza*. Durante la *semionda negativa* della *BF* modulante, la *corrente* nella *valvola ausiliaria* è debole e la *pendenza* piccola. Di conseguenza la *reattanza* collegata in parallelo alla *bobina del circuito oscillante* è elevata, e l'effetto sulla *frequenza di risonanza* è minuscolo. Aumentando la corrente nella *semionda positiva* la *pendenza* cresce e quindi la *reattanza* in parallelo alla *bobina* diminuisce. Ciò comporta un'influenza maggiore sul *circuito di risonanza*. In definitiva, si ottiene l'effetto voluto, cioè la *modulazione di frequenza*.

Naturalmente un'*oscillazione modulata in frequenza* può essere amplificata nell'identico modo come un'*oscillazione modulata in ampiezza*. Si ottiene anzi un *vantaggio essenziale* per l'irradiazione delle onde. L'*ampiezza dell'oscillazione modulata in frequenza è costante*, cosicchè il carico degli *amplificatori finali di potenza* è sempre uguale, a differenza di quanto accade nel *sistema a modulazione di ampiezza*.

Abbiamo così una certa visione di quello che è la *modulazione di frequenza* ed abbiamo imparato in che modo essa possa essere realizzata. In un Capitolo successivo tratteremo della *demodulazione*, essendo evidente che, per ottenere nuovamente la *BF*, non è sufficiente il raddrizzamento dell'*AF*, come per la *modulazione di ampiezza*.

Domande

1) Che cos'è la *dinamica* di una radiotrasmissione?
2) Per quale ragione i disturbi si fanno sentire molto di più con la modulazione d'ampiezza che con quella di frequenza?

3) Qual è l'estensione della banda d'*AF* nelle trasmissioni a onde ultracorte modulate in frequenza, e in quelle modulate in ampiezza?
4) Quale schema è necessario per ottenere la modulazione di frequenza?
5) Perchè per l'ammettenza (reciproco della reattanza) creata dalla valvola ausiliaria basta un piccolo valore?

Risposte alle domande di pag. 4

1) Tanto la luce che le onde elettromagnetiche ultracorte si propagano essenzialmente in linea retta. Entrambe possono essere riflesse e subire la diffrazione.
2) Data la propagazione rettilinea delle onde ultracorte, e data la curvatura del globo terrestre, le onde ultracorte hanno una portata limitata.
3) La portata di un'antenna per onde ultracorte alta 120 metri è: $r = 3{,}57 \cdot \sqrt{120}$ km $= 3{,}57 \cdot 10{,}95$ km $= 39{,}1$ km.
4) Se l'antenna trasmittente è alta 120 metri e quella ricevente 15 metri, si ottiene una portata totale di $r + r' = 39{,}1 + 3{,}57 \cdot \sqrt{15} = 39{,}1 + 3{,}57 \cdot 3{,}87 = 39{,}1 + 13{,}8 = 52{,}9$ km.
5) La fabbricazione delle valvole per onde ultracorte con dimensioni assai ridotte non è dovuta alla mania dei record. È resa necessaria per l'impiego a frequenze assai elevate.

TELEVISIONE

GLI AMPLIFICATORI DI TELEVISIONE

Nei comuni apparecchi radioriceventi non esiste alcun organo che presenti una certa analogia con i dispositivi per la *deflessione periodica del raggio* contenuti negli apparecchi di televisione. Invece gli *amplificatori di televisione* trovano riscontro negli *amplificatori* degli apparecchi per le radioaudizioni, per molte somiglianze di principio e di funzionamento.

Cominciamo con una breve ripetizione. Nell'*amplificatore* di un *apparecchio radioricevente* si distinguono varie parti, soprattutto se si tratta di una *supereterodina*. In primo luogo possono esistere degli *stadi amplificatori diretti dall'AF*; essi si trovano però soltanto negli apparecchi molto costosi. Successivamente c'è lo *stadio convertitore di frequenza* e quindi l'*amplificatore di MF*. Nello *stadio raddrizzatore* si procede alla *demodulazione*; per ultimo c'è lo *stadio amplificatore di BF*, il quale fornisce la potenza necessaria per l'*altoparlante*.

Anche l'*amplificatore di televisione* può essere suddiviso in parti analoghe; ne considereremo ora, a uno a uno, i differenti stadi.

Il preamplificatore d'AF

Se osserviamo il *circuito d'ingresso* di un *amplificatore di televisione*, con relativa *valvola amplificatrice d'AF*, non notiamo alcuna differenza sostanziale, rispetto allo schema di un normale *apparecchio radio* (fig. 16). In pratica, però, ci sono numerose differenze, perchè nella *televisione* abbiamo a che fare con le *onde ultracorte*.

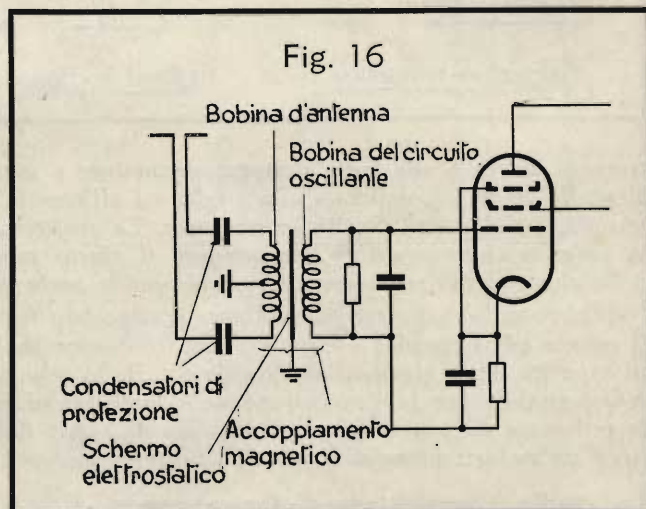
Spesso cercheremo invano qualche *condensatore*, perchè la capacità propria delle *valvole* o delle *bobine* è spesso sufficiente per ottenere la risonanza. Manca in questo caso la possibilità di una messa a punto mediante un *condensatore variabile*. Invece esistono degli apparecchi nei quali si possono regolare in modo continuo le *bobine di sintonia*. Volendo ricevere diverse trasmittenti televisive, si commuta la gamma d'onda, sostituendo le *bobine*.

Nella fig. 16 c'è poi un'altra cosa che urta la nostra sensibilità di radiotecnici. Si tratta della *resistenza inserita in parallelo alla bobina del circuito oscillante*. Come sapete, la *curva di risonanza* di un *circuito oscillante* diventa tanto più acuta, e quindi la selettività tanto maggiore, quanto minore è la *resistenza parassita della bobina*. Negli *apparecchi radio* l'inserzione di una *resistenza* nel *circuito oscillante* sarebbe un *nonsenso*. Qui bisogna invece considerare che un *circuito oscillante selettivo* limita molto la *banda passante d'AF*.

Fig. 16

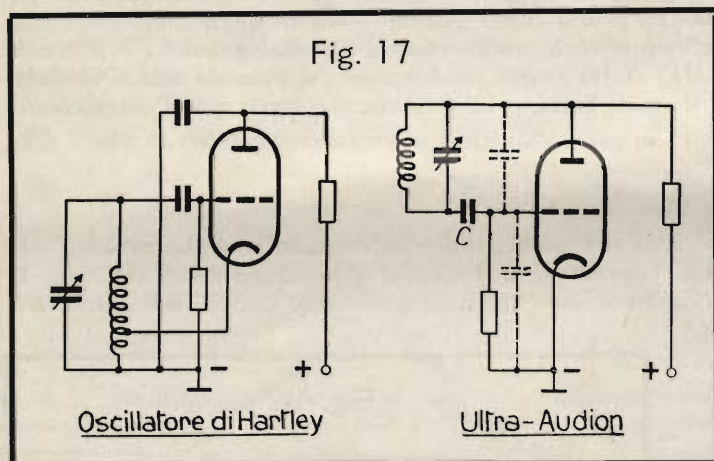
Bobina d'antenna
Bobina del circuito oscillante
Condensatori di protezione
Schermo elettrostatico
Accoppiamento magnetico

Perciò comprendiamo lo scopo della *resistenza* sopramenzionata: ci ricordiamo delle *enormi larghezze di banda* occorrenti nella *televisione*, le quali richiedono un *circuito d'ingresso a bassa selettività*. Scopo della *resistenza* in parallelo nel *circuito di risonanza* è quello di conferire a tale circuito la *larghezza di banda* occorrente.

Normalmente *l'immagine e il suono vengono amplificati insieme nei primi stadi*, non potendosi costruire dei filtri che lascino passare, da un lato, la *larghissima banda di televisione* e che, dall'altro lato, separino con un taglio netto il *canale del suono*. Inoltre si risparmiano così degli *appositi stadi amplificatori*, mentre l'allargamento della banda, reso necessario dal suono, è irrilevante. La *larghezza della banda passante* nel *circuito*

di ingresso e *del filtro di banda d'AF* deve essere di ben 6 MHz! Con tutto ciò, la *trasmissione dell'immagine* avviene con *banda laterale unica*, poichè in un canale della larghezza massima di 7 MHz, come prescritto dalle norme del CCIR, non sarebbe nemmeno possibile contenere entrambe le *bande di modulazione*, tanto più che la distanza tra la *portante dell'immagine* e *quella del suono* deve essere di 5,5 MHz. Le particolarità che derivano dal *sistema a banda laterale unica* verranno illustrate fra breve, quando spiegheremo l'*amplificatore di MF*.

Le esigenze che si pongono alla valvola preamplificatrice sono già state descritte brevemente nel capitolo sulle proprietà delle onde ultracorte. Una condizione essenziale è quella della *forte pendenza*, poichè, come è noto, il prodotto della pendenza per la resistenza di risonanza dà l'amplificazione. Qualsiasi valvola destinata all'amplificazione di larghe bande di frequenza deve avere una pendenza molto elevata, perchè le bande larghe richiedono dei circuiti oscillanti con resistenza di risonanza relativamente bassa. L'evoluzione che aveva portato al pentodo viene percorsa per così dire a ritroso, nella televisione. Si incontrano infatti sovente, negli amplificatori televisivi a grande larghezza di banda, dei triodi a pendenza assai elevata.

Il generatore di oscillazioni

Abbiamo già accennato varie volte alle difficoltà che sussistono nella gamma delle *onde ultracorte* per la separazione delle *bande di frequenza*. Ciò vale soprattutto per la separazione del *canale dell'immagine* da *quello del suono*. Inoltre, a queste frequenze elevatissime, la cosiddetta « *amplificazione diretta* » non è possibile. Gli accoppiamenti che si manifestano tra uno stadio e l'altro e che provocherebbero l'autoeccitazione di oscillazioni, costringono, di per se stessi, a impiegare l'*amplificazione con conversione di frequenza*, che costituisce una necessità imposta dalle circostanze. Data l'enorme larghezza della *banda di modulazione*, non si può naturalmente scegliere una *media frequenza* compresa tra 450 e 500 kHz come nella radio. Normalmente, la *MF* negli *amplificatori televisivi* viene fissata un poco sopra ai 20 MHz. Ciò significa che l'*oscillatore* deve generare una *frequenza inferiore*, oppure *superiore* a questo valore, alla *frequenza di ricezione*. Purtroppo non è facile ottenere la necessaria stabilità delle frequenze così elevate. Per questa ragione negli *amplificatori televisivi* non si fa mai il *controllo automatico di volume* sulle *valvole convertitrici di frequenza*, poichè in questo caso esse influirebbero sulla frequenza dell'*oscillatore* accoppiato ad esse.

La costruzione del *generatore d'oscillazioni* richiede perciò la massima cura. La *valvola del generatore* può essere tanto un *triodo*, quanto un *pentodo*. Lo *schema* non presenta differenze di principio rispetto agli *oscillatori* dei normali *apparecchi radio*. Sono visibili nella fig. 17 due schemi di *generatori con triodi*, usati nella tecnica delle *onde ultracorte*: l'*oscillatore di Hartley* e l'ultra-audion. L'oscillatore di Hartley è uno *schema a tre punti*, come quello che abbiamo visto nella Dispensa N. 16, a fig. 43. Il *catodo* è allacciato anche qui alla *presa intermedia* della *bobina di risonanza*, mentre l'estremità collegata all'*anodo* giace *a massa*. Come principio è indifferente che, dei tre elettrodi, ne sia collegato, per l'*AF*, a massa uno piuttosto che un altro.

In *BF* e in *radiofrequenza* è il *catodo* che generalmente è collegato *con la massa*. Nelle *onde ultracorte* invece è alle volte vantaggioso mettere *a massa* l'*anodo*, oppure la *griglia*. I *condensatori di separazione* da 20-50 pF, collegati alla *griglia* ed all'*anodo*, i quali servono per separare la corrente continua dall'alternata, sono nostre vecchie conoscenze. La *resistenza di griglia* da 20-50 kΩ serve a produrre automaticamente la *polarizzazione negativa* per ottenere il *giusto punto di lavoro*. Naturalmente bisogna sempre tener conto delle *capacità* dei collegamenti, poichè per le *onde ultracorte* esse si fanno sentire fortemente.

Nell'*ultra-audion* il *circuito oscillante* è allacciato tra la *griglia* e l'*anodo*, senza che esista un collegamento tra il *catodo* ed il *circuito oscillante*. Alle frequenze molto alte è sufficiente l'*accoppiamento capacitivo* attraverso le capacità degli *elettrodi* della *valvola*. Nello schema della fig. 17 esse sono segnate tratteggiate, perchè sono indispensabili per la generazione delle oscillazioni. La *combinazione audion* di questo schema è costituita dalla *resistenza di griglia* (alcune centinaia di kΩ) e dal *condensatore C*. Secondo l'efficacia della *reazione* si ottiene un *raddrizzatore di griglia* (il normale *audion*), oppure un *generatore di oscillazioni*.

Lo stadio convertitore di frequenza

La *conversione di frequenza* mediante applicazione delle due frequenze *a due griglie di un esodo* si è dimostrata molto efficiente *nelle normali gamme di radiodiffusione; nella televisione*, invece, le *bande di frequenza* così larghe portano con sè nuovi problemi. Prenderemo qui particolarmente in considerazione il *fruscio delle valvole*, che è così fastidioso.

Il fruscio di un amplificatore aumenta nella misura della radice quadrata della larghezza della banda di frequenza passante. È quindi ovvio che, nell'amplificazione della *televisione*, ove la banda è così larga, il fenomeno del *fruscio* sia *molto più marcato* che negli *amplificatori per le radiotrasmissioni*, ove la banda è di soli 9 kHz.

Avrete certamente già notato questo fruscio nel vostro apparecchio radio. Distaccando l'antenna e girando il *regolatore di volume* al massimo, si sente questo rumore fastidioso. *L'origine di questo fenomeno risiede nella discontinuità dell'emissione di elettroni da parte del catodo.* Il numero degli elettroni emessi è ora più, ora meno ingente. Di conseguenza il numero degli elettroni, che colpiscono la *placca* e formano la *corrente anodica*, varia, anche se nessuna tensione alternata è applicata alla *griglia*. Le *variazioni della corrente anodica* sono molto piccole, ma se dopo la prima valvola seguono alcuni *stadi amplificatori*, esse vengono amplificate e nell'altoparlante si ode il fruscio. Nelle *valvole a più griglie* il fruscio è ancora maggiore perchè, oltre alla emissione discontinua degli elettroni, si ha anche una distribuzione di *corrente variabile* nel tempo tra i vari elettrodi.

Il fruscio è particolarmente forte negli *esodi*, mentre d'altra parte, come consegue dai ragionamenti esposti più sopra, i *triodi* danno meno disturbo dei *pentodi*. Naturalmente sono soprattutto le *prime valvole* di un amplificatore, che devono dare il minor fruscio possibile, perchè sono seguite dalla *massima amplificazione*. Inoltre, poichè la maggior parte del fruscio ha origine nello *stadio convertitore, bisogna fare in modo da amplificare nella massima misura possibile già prima di questo.* È questa la ragione per cui negli *amplificatori di televisione* ci sono sempre *uno o due stadi preamplificatori*.

Sono queste circostanze che inducono a non usare negli *amplificatori di televisione* gli *esodi convertitori di frequenza*, e sovente a impiegare addirittura dei *triodi* per questo scopo. In questo caso, tanto la *frequenza d'ingresso*, quanto *quella del generatore* si applicano alla *medesima griglia*. In pratica si usano *triodi* o *pentodi*.

Nello schema della fig. 18, per esempio, lo *stadio convertitore* di un ricevitore televisivo contiene un *pentodo*.

Esamineremo ora un po' più dettagliatamente lo schema della fig. 18, che rappresenta la parte d'*AF* di un *amplificatore televisivo*. In sostanza esso non contiene nulla di più di quanto si trovava già negli schemi particolari precedentemente considerati. La *griglia del preamplificatore* è allacciata attraverso ad una *resistenza* che serve a sopprimere le eventuali *oscillazioni parassite*. Nel *filtro di banda* per l'accoppiamento tra il *preamplificatore* e la *valvola convertitrice* è da notare l'assenza di *condensatori*. Voi però sapete già che i *condensatori* necessari per i *circuiti oscillanti* sono sostituiti dalle *capacità* diffuse delle *valvole* e dei *collegamenti*. Le *resistenze* in parallelo alle *bobine* servono per ottenere la richiesta *grande larghezza di banda*.

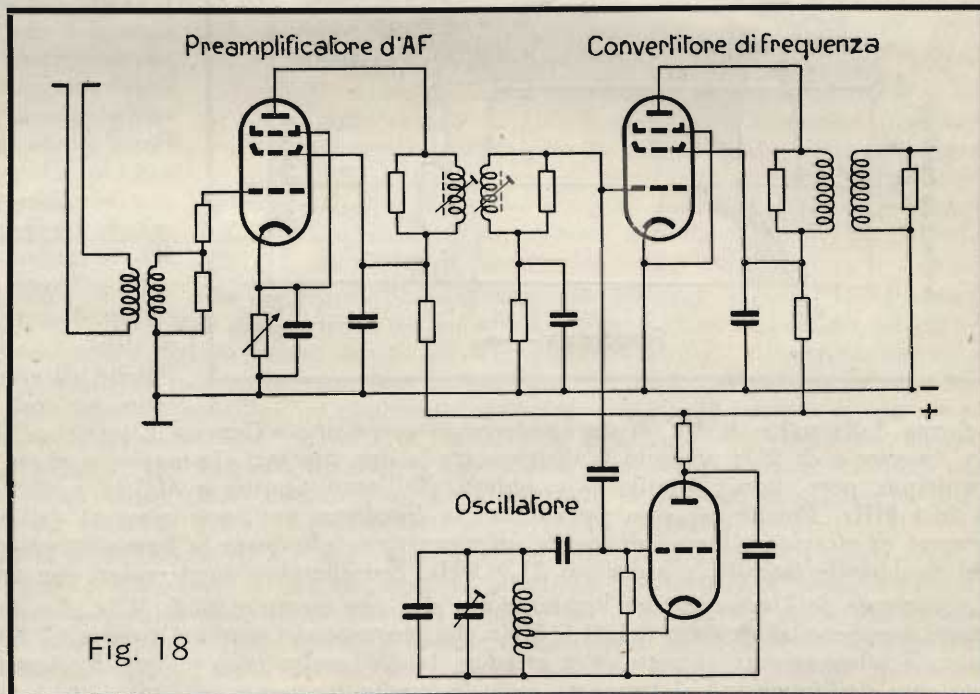
L'*oscillatore* corrisponde esattamente allo schema di Hartley, riportato nella fig. 17.

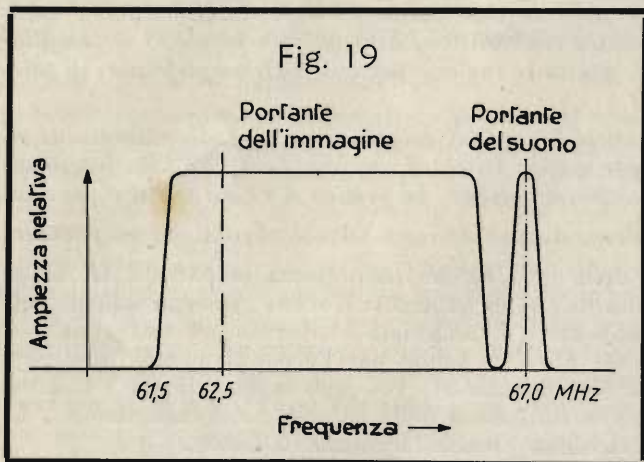
Resta lo *stadio convertitore di frequenza*, che possiamo spiegare con poche parole. Alla *griglia-pilota* della valvola sono applicate tanto la *frequenza d'entrata* quanto, attraverso a un *condensatore*, *quella ausiliaria*. L'ampiezza di quest'ultima è notevole, per la qual cosa, attraverso alla combinazione *resistenza-capacità*, si forma una *caduta di tensione*, che provoca la *polarizzazione negativa* della *griglia*, come nell'*audion*. Il procedimento per cui si ottiene la *conversione di frequenza*, si può spiegare così: la forte *tensione a frequenza ausiliaria* provoca lo *spostamento del punto di lavoro* per la *frequenza d'entrata*. Col *punto di lavoro* varia anche la *pendenza*, dato che la valvola presenta una *caratteristica incurvata a pendenza variabile*. Queste *variazioni periodiche dell'amplificazione*, che avvengono col ritmo della *frequenza ausiliaria*, danno origine, come in un *esodo convertitore*, alle *frequenze* che sono la somma e la *differenza* delle *frequenze originarie*. Una di queste è la *media frequenza*, la quale viene separata nel *circuito anodico* mediante un apposito *filtro di banda*. Anche in questo filtro i *condensatori* sono sostituiti dalle *capacità dei collegamenti* e sono inserite delle *resistenze* in parallelo alle *bobine*, per allargare la *banda passante*. La separazione del *canale del suono* da *quello dell'immagine* avviene generalmente subito dopo lo *stadio convertitore*. È ovvio che, nell'*amplificatore di MF*, è senz'altro possibile ottenere la selettività richiesta, a condizione di inserire un numero sufficiente di stadi.

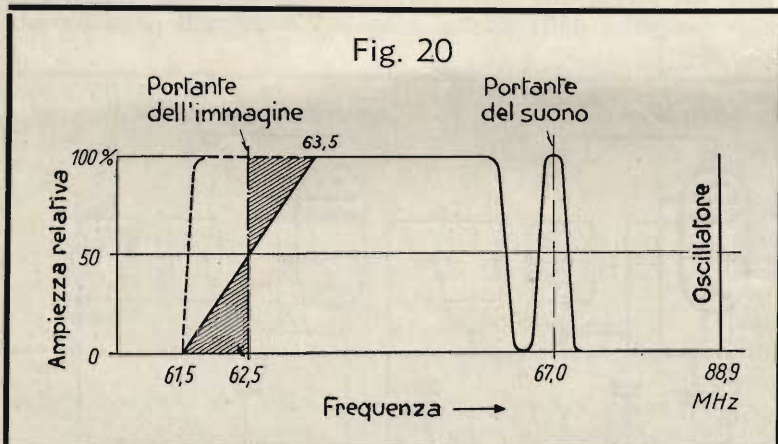
Fig. 18

L'amplificatore di MF dell'immagine

Come abbiamo accennato più sopra, l'*amplificatore di MF* dei *ricevitori televisivi* ha le sue particolarità. Inol-

tre funziona con *una sola banda laterale di modulazione*, come i sistemi di telefonia a frequenze vettrici. Mentre in questi ultimi è però facile realizzare dei *filtri di separazione* ad alta selettività, per i *ricevitori televisivi* non esiste purtroppo una soluzione poco costosa. Tuttavia vedrete che il problema può essere risolto con l'ausilio di *filtri di banda* e con *circuiti addizionali di blocco*, accordati sulle frequenze indesiderate.

Bisogna accontentarsi sempre di una soluzione approssimata, che offra un risultato abbastanza soddisfacente.

Benchè sia più giustificato abbondare nelle apparecchiature del *trasmettitore*, piuttosto che in quelle del *ricevitore*, dato che una sola stazione trasmittente serve molti apparecchi riceventi, tuttavia anche nei *trasmettitori televisivi* è praticamente impossibile separare nettamente, in corrispondenza della portante, le frequenze trasmesse. Le Norme prescriverebbero la *soppressione della banda di modulazione inferiore* e richiedono che la *portante del suono* si trovi a 5,5 MHz al di sopra della *portante dell'immagine*.

Una soluzione possibile si ottiene *tagliando la banda inferiore di modulazione a circa 1 MHz sotto la portante*, in modo da produrre una *distribuzione delle frequenze* corrispondente a quella indicata in fig. 19. A tutta prima voi sarete molto scettico sui risultati di questo procedimento. Osserverete giustamente che le *frequenze più basse*, che circondano la *portante*, si riproducono *due volte* e che quindi risulteranno *esaltate*. D'altra parte però, conoscendo la modulazione con due bande laterali, voi sapete che queste non si disturbano a vicenda, ma si ricompongono nella demodulazione, coincidendo tanto nella *frequenza* che nella *fase*. È difficile dotare gli apparecchi riceventi di un *filtro a fianco verticale* (come nella fig. 19), d'altronde non è nemmeno desiderabile, poichè introdurrebbe delle *distorsioni di fase*. Invece è facile realizzare un *filtro con un fianco rettilineo inclinato*, come quello della fig. 20 (un cosiddetto « *fianco di Nyquist* »). Osservando i due triangoli tratteggiati, scoprirete che il *fianco inclinato del filtro* toglie dalla *banda superiore* esattamente quanto lascia passare dalla *banda inferiore*. Con questo accorgimento le due bande si completano, in modo che tutte le frequenze di modulazione vengono trasmesse proprio una volta sola. La *portante* rimane però *dimezzata*, ma ciò non ha importanza. L'unico inconveniente inevitabile di questo sistema è che la *banda di frequenza* da trasmettere viene allargata di 1 MHz. Ma qualsiasi vantaggio, specie nella tecnica, deve essere pagato al prezzo di qualche concessione.

Dopo questa introduzione, possiamo considerare lo schema di un *amplificatore di MF per ricevitore televisivo* (fig. 21). Data la grande larghezza di banda, in uno *stadio di MF* si ottiene un'amplificazione di circa 20 volte soltanto, per la qual cosa si impiegano spesso 3 e perfino 4 *valvole amplificatrici di MF*.

Poichè gli apparecchi per la Norma europea sono per ora molto rari, consideriamo lo schema della parte di *MF* di un apparecchio americano « General Electric ». Il *numero di linee normalizzato in America* è di *525*; pertanto la *distanza* tra le due *portanti* (*immagine* e *suono*) è di *4,5 MHz* soltanto. Come principio, però, non c'è nulla di cambiato. Nell'*amplificatore a MF* la *portante dell'immagine* è trasportata a 26,4 MHz. Poichè nel caso considerato la *frequenza ausiliaria* generata dall'*oscillatore* è superiore alla *frequenza di ricezione*, invece di quella *inferiore* viene eliminata la *banda superiore*. La *portante del suono*, con relative *bande laterali*, si trova sui 21,9 MHz. Spiegheremo questi valori con una breve ricapitolazione.

La *portante dell'immagine* nel *trasmettitore* sia, per esempio, 62,5 MHz. La *banda inferiore di modulazione* viene soppressa al di sotto dei 61,5 MHz. La *portante del suono* si trova a 67 MHz, circondata dalle sue *bande laterali* relativamente ristrette. Per ottenere la *MF* scelta occorre una *frequenza ausiliaria* di 88,9 MHz. La *portante dell'immagine* si trasporta così, in *media frequenza*, a 88,9 — 62,5 = 26,4 MHz (fig. 22). La *portante del suono* viene a trovarsi così sotto a *quella dell'immagine* e precisamente a 88,9 — 67 = 21,9 MHz.

I *limiti di frequenza* della banda utilizzata sono: all'*estremità inferiore*, circa 350 kHz sotto la *portante del suono*, all'*estremità superiore*, a 27,4 MHz, ossia 1 MHz sopra la *portante dell'immagine*.

Il *primo filtro* tra la *convertitrice di frequenza* e la *prima valvola di MF* abbraccia l'*intiera banda*; l'*immagine* e il *suono* non sono ancora separati. Come vedete, l'impiego di un certo numero di elementi consente di realizzare un complesso, che lascia passare soltanto la giusta banda di frequenza. È da notare il *circuito di risonanza* in serie, allacciato alla *griglia* della *prima valvola di MF*. Esso è accordato su 27,9 MHz e serve a impedire che venga amplificata la *portante del suono* della stazione adiacente ,la quale, distando 6 MHz, viene a

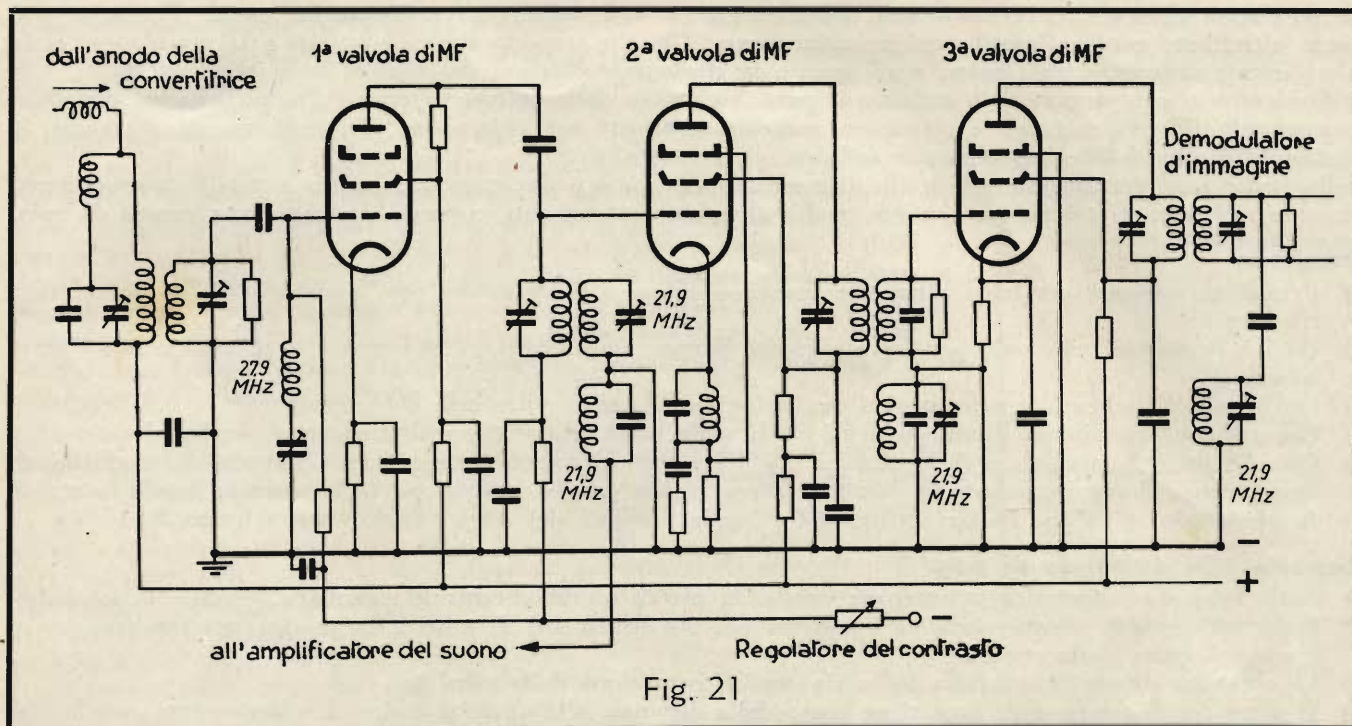



Fig. 21

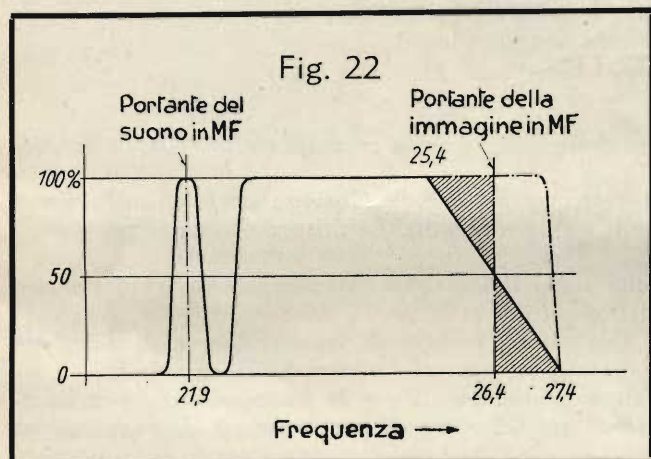



Fig. 22

cadere appunto sulla *frequenza di risonanza* suddetta. Questo *circuito* è chiamato « *trabocchetto per il suono adiacente* ». Nello stesso tempo, esso serve anche a ottenere il *fianco inclinato* che, secondo le nostre riflessioni, occorre per la buona ricezione. A parte ciò, si trovano applicati in questo *primo stadio di MF* tutti quei mezzi ausiliari che servono per conferire alla *griglia* una *tensione continua regolabile* e per stabilire il *punto di lavoro iniziale* mediante una *resistenza catodica* con *condensatore in parallelo.*

Il canale del suono viene separato tra la prima e la seconda valvola di MF. Il *circuito di risonanza* allacciato alla *griglia della seconda valvola* è accordato sul *centro della banda trasmessa* (*immagine* e *suono*). Sono accoppiati a questo circuito *due altri circuiti oscillanti* accordati con la *portante del suono*, ed il collegamento tra di essi è posto *a massa* o *a terra*.
Dal *secondo* di questi *circuiti oscillanti* si va alla *griglia dell'amplificatore di MF del suono*. Risulta subito evidente che *i due circuiti oscillanti, accordati sulla portante del suono, estraggono quest'ultima dal miscuglio di frequenze presenti nella corrente anodica della prima valvola di MF, e la trasmettono all'amplificatore del suono.* Dal momento che questi *circuiti di risonanza* assorbono la *portante del suono*, essa rimane sensibilmente indebolita sulla *griglia della seconda valvola*. Nel medesimo senso agisce anche il *circuito di controreazione* nel collegamento catodico della stessa valvola. Si tratta di un circuito accordato anch'esso sulla medesima frequenza di 21,9 MHz, per la qual cosa presenta un'*elevata impedenza a questa frequenza*, la quale rimane pertanto fortemente attenuata. Tutti questi circuiti per la soppressione della *portante del suono* nell'*amplificatore dell'immagine* sono chiamati anche « *trabocchetti per il suono proprio* ».

Tra la *seconda* e la *terza* e *dopo la terza valvola di MF* sono inseriti i noti *filtri di larga banda*. Come sapete, la *banda passante* si allarga mediante inserzione di una *resistenza in parallelo*. Poichè questa produce un'*attenuazione aggiuntiva*, i *filtri di banda* degli *amplificatori televisivi* devono essere accoppiati molto più rigidamente che nei radioricevitori. L'importanza della completa separazione del *suono* dall'*immagine* è illustrata anche dal fatto che, dopo entrambe le valvole, sono nuovamente inseriti dei *filtri soppressori della frequenza di 21,9 MHz*. Uno di essi è accoppiato induttivamente, l'altro capacitivamente. L'effetto è il medesimo precedentemente spiegato. Il *circuito di risonanza* estrae la frequenza in questione ed impedisce che essa prosegua nel *canale dell'immagine*. Le rimanenti *resistenze* servono, al solito, per ottenere delle giuste *tensioni continue*, mentre gli altri *condensatori* servono da corticircuiti per l'*alternata*. Non occorre che entriamo qui in tutti i particolari dello schema. Come *demodulatore per l'immagine* s'impiega, in sostanza, lo stesso dispositivo utilizzato anche nei radioricevitori normali. Data la grande larghezza della banda che ha origine nella *demodulazione della MF d'immagine*, i valori degli elementi del *raddrizzatore* devono essere tutti corrispondentemente bassi.

Dobbiamo prestare un po' d'attenzione anche al *regolatore del contrasto* ed al suo compito.

La possibilità di regolare la luminosità dell'immagine non è sufficiente; un'immagine molto luminosa può essere altrettanto confusa quanto un'immagine scura. Ciò che importa sono i *contrasti* e la *gradazione*, ossia la *sufficiente differenza tra i chiari e gli scuri* e la *giusta riproduzione dei toni di luce intermedi*.
Il regolatore di contrasto serve a stabilire il punto di lavoro delle valvole a fattore d'amplificazione variabile. Aumentando l'amplificazione, si ottengono maggiori contrasti nei chiaroscuri. Successivamente si regola la luminosità media dell'immagine, senza influire sul contrasto.
Nello *stadio raddrizzatore* non c'è nulla di essenzialmente nuovo da imparare. Invece l'*amplificatore d'immagine dei ricevitori di televisione* contiene molte altre cose interessanti, e perciò lo tratteremo ancora da solo.

Domande

1) Perchè nei circuiti per onde ultracorte mancano spesso i condensatori per la messa a punto dei circuiti risonanti?
2) Qual è l'esigenza principale per le valvole che devono amplificare uniformemente una larga banda di frequenza?
3) Quali sono gli schemi di generatori d'oscillazioni per le onde ultracorte che conoscete?
4) Che cos'è che proibisce l'impiego degli esodi nello stadio convertitore di frequenza per la televisione?
5) Come è possibile realizzare il funzionamento dei ricevitori televisivi, con banda laterale di modulazione unica, senza dover impiegare un filtro a fianco *ripido* per la separazione della seconda banda laterale?
6) In che modo si ottiene l'allargamento della banda passante dei filtri nei ricevitori televisivi?

Risposte alle domande di pag. 7

1) Nella telefonia automatica interurbana non si fa uso di un'unica centrale gigantesca, perchè ciò implicherebbe un'eccessiva e antieconomica lunghezza per i collegamenti di posti a breve distanza tra loro, ma a grande distanza dalla centrale.
2) La chiamata diretta interurbana ha inizio con la formazione della cifra 0.
3) Il contatore di tempo e di zona tiene conto della distanza, alla quale si svolge il collegamento, nonchè del tempo, in unità di 3 minuti. A questo proposito vengono contati per intiero i 3 minuti appena incominciati.
4) Partecipano al collegamento tra la centralina terminale e la centrale principale:
   nella centralina terminale CC e CGC
   nella centralina principale: CGE (CCR, CR, RL), 2° CG, CL.

Risposte alle domande di pag. 11

1) La misura dell'eco è basata sulla possibilità di riflettere delle onde e sulla costanza delle velocità di propagazione delle onde stesse.
2) Data l'elevatissima velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche, le distanze normali sulla Terra sono superate nel corso di tempi brevissimi (millisecondi o microsecondi). La misura di questi tempuscoli presenta difficoltà non indifferenti.
3) L'abbreviazione « *radar* » fa accenno alla misura mediante onde della radio, al rilevamento goniometrico della direzione ed alla determinazione della distanza dell'oggetto.
4) I vantaggi dell'antenna direzionale risiedono nel fatto che tutta l'energia di trasmissione e di ricezione viene concentrata in una sola direzione; si consegue pertanto un notevole risparmio di energia.
5) Le parti principali di un apparecchio radar sono: le antenne direzionali per la trasmissione e per la ricezione, il trasmettitore per l'emissione di impulsi d'*AF*, l'amplificatore di ricezione, il dispositivo per l'asse dei tempi e il tubo indicatore a raggi catodici.

RADIOTECNICA

LA DEMODULAZIONE DELLE OSCILLAZIONI MODULATE IN FREQUENZA

Nella Dispensa precedente abbiamo constatato che la *televisione senza fili* è possibile soltanto con l'aiuto delle *onde ultracorte*. Anche dove non esiste una speciale rete di radiodiffusione a *onde ultracorte*, la televisione richiede che il *suono*, che accompagna le immagini, sia modulato su una *portante* compresa tra le *onde ultracorte*. Dalle nostre spiegazioni sulle proprietà delle *onde ultracorte* avete appreso che la *modulazione di frequenza* consente di attuare una trasmissione eccellente in questa gamma di frequenza. Tutti i nostri precedenti schemi di apparecchi radio presupponevano però la *modulazione d'ampiezza* e sono pertanto inutilizzabili col sistema a *modulazione di frequenza*.

Uno schema semplice per la *demodulazione di oscillazioni modulate in frequenza* è già stato riportato nella Dispensa N. 21, in relazione alla *telegrafia di immagini*. Rileggete nel Capitolo relativo di tale Dispensa in che modo è possibile ottenere una *corrente modulata in frequenza e dotata di ampiezza costante*.

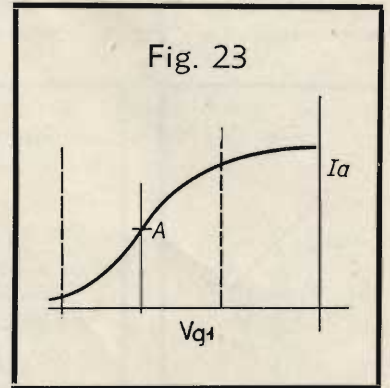
Si impiega un comune *circuito di risonanza* e lo si accorda in modo che l'onda da ricevere *non cada sul massimo, bensì sul fianco della curva di risonanza*. Supponiamo di utilizzare il fianco sinistro, come nella fig. 9 della Dispensa N. 21. In un'*oscillazione modulata in frequenza* con una *BF* sinusoidale, si presentano in ciascun periodo della *BF* un *aumento* e una *diminuzione* dell'*AF*. L'*aumento di frequenza* provoca nel nostro caso una *ampiezza maggiore*, spostandosi verso la parte superiore della *curva di risonanza*, mentre la *diminuzione di frequenza* è causa di un'*ampiezza minore*. Questo *circuito oscillante* trasforma quindi la *modulazione di frequenza* in *modulazione d'ampiezza*, e dalle *oscillazioni modulate in ampiezza* si possono ricavare, mediante semplice raddrizzamento, le *BF* trasmesse. Questo genere di *demodulazione* si impiega ormai piuttosto di rado; tuttavia abbiamo voluto ricordarlo per dimostrare il semplice principio che consente la *demodula-*

zione delle oscillazioni modulate in frequenza.

Nelle pagine seguenti ci occuperemo di quegli *schemi di demodulazione* che sono applicati soprattutto negli apparecchi di gran classe.

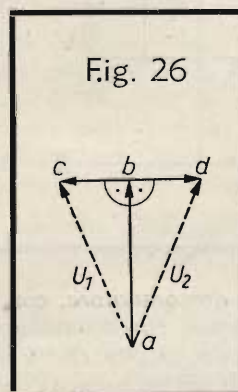
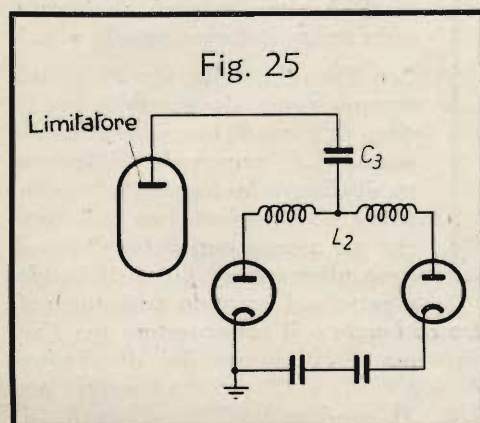
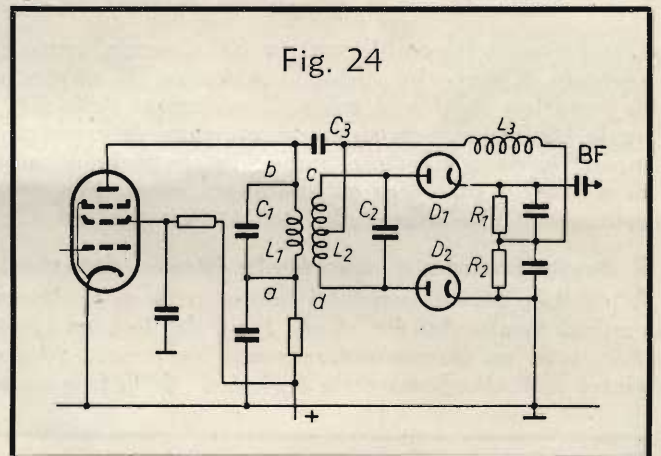
Il discriminatore

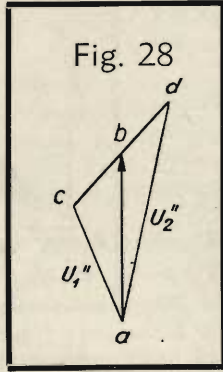
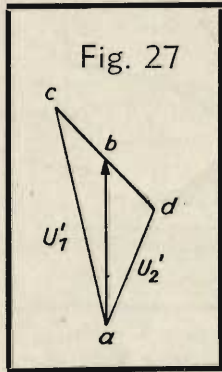
Per poter far uso dello schema sopramenzionato è necessario *sopprimere qualsiasi variazione d'ampiezza delle oscillazioni modulate in frequenza*, avendosi altrimenti dei disturbi nella *demodulazione*. Si inserisce a questo scopo un apposito *stadio limitatore*. In linea di principio qualsiasi *schema con controllo automatico di volume* attua già una certa *limitazione*, poichè riduce l'amplificazione quando l'ampiezza delle oscillazioni ricevute è superiore al normale. Per la *modulazione di frequenza*, però, questo dispositivo non basta. Comunque è facile realizzare la *limitazione d'ampiezza* usando dei *pentodi con bassa tensione di griglia-schermo*. La caratteristica I_a — V_{g1} assume allora l'andamento indicato nella fig. 23.

Scegliendo il *punto di lavoro A* nel mezzo del tratto ascendente della caratteristica, si ottiene una *corrente anodica che cresce*, con l'aumentare della *tensione di griglia*, soltanto *finchè arriva al tratto orizzontale*. Per ottenere la *limitazione d'ampiezza*, bisogna che la *tensione di griglia* oscilli almeno entro i valori segnati nella fig. 23 dalle linee verticali a trattini. Le variazioni maggiori non provocano alcun ulteriore aumento della *corrente anodica*, che rimane pertanto *limitata*. Se le ampiezze sono invece inferiori ai valori suddetti, si manifestano dei disturbi. Per poter fare assegnamento su un funzionamento ineccepibile, bisogna garantire una certa ampiezza base. La limitazione provoca in realtà certe deformazioni delle oscillazioni, ma esse non possono dar luogo a inconvenienti.

Lo *stadio limitatore* ora descritto agisce sul *filtro di banda del discriminatore*, rappresentato nella fig. 24. Si tratta di un normale *filtro di banda*, che presenta però la particolarità di avere la *bobina del circuito secondario* dotata di una *presa centrale* collegata attraverso al *condensatore* C_3 con l'estremità *lato placca* del *circuito primario*. Per capire la ragion d'essere di questo schema, vi dobbiamo spiegare le relazioni di fase che si presentano nel *filtro di banda accordato*.

Quando il filtro è in risonanza, sussiste una differenza di fase di 90° tra il circuito primario ed il secondario. Se invece la frequenza si allontana dalla risonanza, la differenza di fase diventa maggiore o minore, secondo che la frequenza sia superiore o inferiore alla risonanza.

Inutile indagare qui se si tratta di differenza di fase in ritardo o in anticipo, non interessando ciò agli scopi della presente trattazione.

Alle due estremità secondarie (*c* e *d*) del *filtro di banda* (L_2), sono allacciati in perfetta simmetria i due *diodi* (D_1 e D_2) con le relative *resistenze di carico* (R_1 e R_2). Quando l'apparecchio funziona, abbiamo tra i punti *c* e *d* una *tensione alternata*. Nel momento in cui *c* è *positivo* rispetto al *centro della bobina*, *d* è *negativo*, e viceversa. Avremo quindi, a quanto pare, un funzionamento analogo a quello di un *raddrizzatore a due vie*. Le cadute di tensione continua nelle resistenze R_1 ed R_2 sarebbero uguali, per la qual cosa i catodi dei due *diodi* presenterebbero entrambi la medesima *tensione positiva* rispetto al *punto mediano tra le due resistenze*, e nessuna tensione tra di loro.

Tutto questo sarebbe esatto se non ci fosse il condensatore C_3. Per comprenderne l'effetto, dobbiamo considerare tre casi. Cominciamo con l'ipotesi della *risonanza*. Attraverso al condensatore C_3 e ad una metà della bobina L_2 si applica un'altra volta, agli *anodi dei diodi*, la medesima *AF* che essi già ricevono induttivamente dal *filtro di banda*; ciò è chiaramente mostrato nella fig. 25. I *catodi* sono collegati con la *massa* direttamente oppure attraverso a *condensatori*, il che per l'*AF* è la stessa cosa. Con questa tensione, che agisce ugualmente su entrambi i *diodi* e che proviene direttamente dall'*anodo della valvola limitatrice* attraverso al condensatore C_3 (che per l'*AF* presenta un'impedenza bassissima), si somma la tensione indotta dal

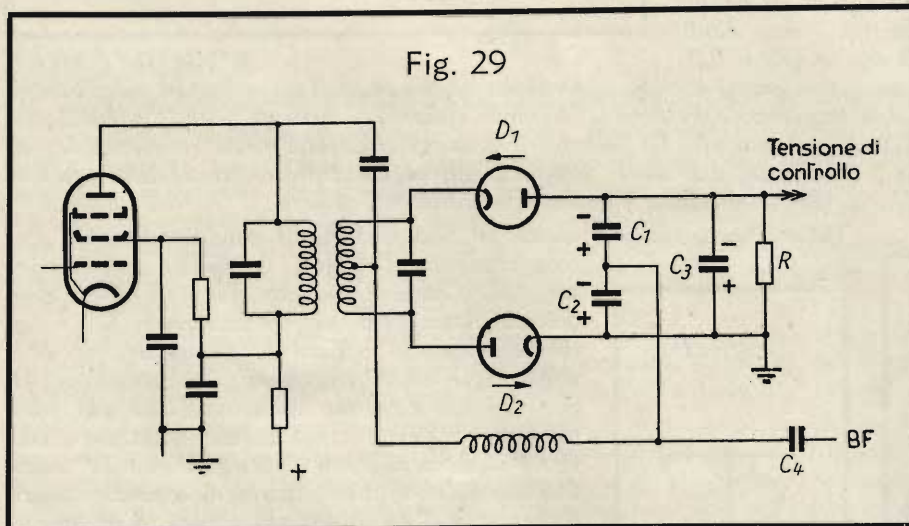
primario al *secondario del filtro di banda*. Come abbiamo visto più sopra, questa tensione agisce in *controfase* sui *diodi*. Quando il filtro è in risonanza, la tensione applicata a *uno dei diodi* risulta composta dalla suddetta *tensione primaria* derivata direttamente attraverso C_3 e da una *tensione secondaria sfasata di 90° in anticipo*; mentre all'*altro diodo* si ha la *tensione primaria* e una *tensione secondaria sfasata di 90° in ritardo*. Da quanto abbiamo spiegato a suo tempo, per addizionare delle tensioni che non siano in concordanza di fase bisogna ricorrere alla rappresentazione geometrica o vettoriale. Ciò è fatto nella fig. 26, dove *ab* rappresenta la *tensione primaria*, mentre *bc* e *bd* sono le *tensioni secondarie*, l'una *in anticipo*, l'altra *in ritardo*. Come risultato si ottengono due tensioni u_1 e u_2 di uguale valore (perchè *ac* ha la stessa lunghezza di *ad*). Avendosi due uguali tensioni d'*AF*, si formano nelle resistenze R_1 ed R_2 (che abbiamo supposto uguali) *due tensioni continue uguali*. La corrente continua si chiude attraverso alla *bobina* L_3.

Con ciò constaterete che, nel caso della *risonanza*, non si forma alcuna tensione tra i due catodi, mentre è appunto tra di essi che si dovrebbe poter prelevare la *BF*. Ora ci sovviene però che, nel caso della *risonanza*, l'*AF* è identica alla *frequenza portante* e che quindi, in questo caso, la tensione di *BF* deve per forza risultare *nulla*. Eccoci sulla buona strada: *è proprio solo nel caso della risonanza che la tensione tra i due catodi risulta uguale a zero!* Quando la *frequenza* è più elevata o più bassa della *portante*, lo sfasamento tra la *tensione primaria* e *quella secondaria* diventa maggiore o minore di 90°. Si vede nella fig. 27 ciò che avviene quando l'*angolo di fase* fra *tensione primaria* e *secondaria* diventa, per esempio, uguale a 45°.

La tensione u'_1 è aumentata, rispetto al caso della *risonanza*, mentre u'_2 è diminuita. In questo istante le ampiezze delle *AF* applicate ai due *diodi* sono differenti, e pertanto sono differenti anche le tensioni continue ai capi di R_1 ed R_2; si manifesta quindi una certa *tensione* tra i *catodi dei diodi*. Poichè la frequenza oscilla nel ritmo della *BF* modulante, un istante dopo sussiste il terzo caso, rappresentato nella fig. 28: u''_1 è divenuta minore, u''_2 maggiore.

Come risulta da queste spiegazioni, la *tensione* esistente *tra i catodi dei due diodi* oscilla nel ritmo della *BF*.

L'ampiezza delle oscillazioni in *BF* dipende, come era stato postulato, dalla variazione dell'*AF* rispetto alla *portante*. È vero che anche le *variazioni di ampiezza* che si presentassero contemporaneamente alle *variazioni di frequenza* sarebbero causa di *variazioni della BF*. Per questa ragione si antepone appunto il *limitatore*, il quale *elimina contemporaneamente tutte le ampiezze di disturbo*. Lo *stadio limitatore rappresenta* naturalmente un costo maggiore, tanto più che richiede un *aumento dell'amplificazione*, dovendo l'*ampiezza* essere in ogni caso *superiore al limite prescritto*. Per questa ragione si è cercato di trovare uno schema che permettesse di rinunciare allo *stadio limitatore*.

Il demodulatore di quoziente (Radio-detector)

È possibile fare a meno del *limitatore* se si fa dipendere l'*ampiezza della BF* non più dalla *differenza* tra le tensioni fornite dai due *diodi*, bensì dal loro *quoziente*. Che cosa ciò significhi lo possiamo dimostrare con l'esempio di un *discriminatore senza limitatore*. Supponiamo che, in un primo caso, data una determinata ampiezza dell'*AF* ed una certa deviazione della frequenza, il *primo diodo* produca 6 V — 2 V = 4 V.

Se con la medesima deviazione della frequenza l'*ampiezza dell'AF* si *raddoppiasse*, risulterebbero *raddoppiate tutte le tensioni* (ammesso che il raddrizzamento avvenga linearmente) e quindi diverrebbe *doppia* anche l'*ampiezza della BF*. Il *quoziente delle tensioni continue prodotte dai diodi* è rimasto però *inalterato*, ossia nel nostro caso uguale a 3 : 1.

Con l'ausilio della fig. 29 esamineremo come sia possibile soddisfare alla condizione che abbiamo posto. La principale differenza tra il *discriminatore* e il *demodulatore di quoziente* sta nel fatto che *nel primo entrambi gli anodi sono allacciati al filtro di banda*, mentre *nel secondo per una valvola è l'anodo, per l'altra il catodo*. L'entrata del *demodulatore*, con *filtro di banda* e il *condensatore* per l'accoppiamento diretto all'anodo della *valvola precedente*, corrispondono esattamente all'entrata del *discriminatore*. Data la direzione della corrente in ciascun *diodo*, risulta che i condensatori C_1 e C_2 si caricheranno con la polarità indicata, e così pure C_3. Si attua quindi un importante artificio. Il condensatore C_3 si sceglie di

capacità molto elevata, attorno ai 10 μF. Dato che anche la *resistenza R*, posta in parallelo a C_3, è piuttosto *elevata* (attorno ai 50 kΩ), non può manifestarsi alcuna variazione di tensione ai capi di C_3 nel corso di un periodo di *AF*. Anche brevi variazioni di ampiezza, dovute a disturbi, non possono provocare variazioni della tensione di C_3. Agli effetti della *demodulazione*, la *tensione* del condensatore C_3 è da considerarsi *costante*. Ne risulta che *la somma delle tensioni di C_1 e C_2 deve essere sempre costante*, mentre ciascuna di esse può naturalmente variare. È ovvio che *il quoziente di queste due tensioni* debba dipendere unicamente *dal quoziente delle tensioni alternate applicate ai diodi*. In questo modo siamo effettivamente riusciti a ottenere delle tensioni che variano unicamente in dipendenza dal *quoziente* delle correnti nei *diodi*, mentre la loro *somma* equivale ad un valore *costante!*

Le tensioni d'*AF* applicate ai *diodi* variano, malgrado la differente inserzione dei *diodi* stessi, nell'identico modo come nel *discriminatore*. La ripartizione delle tensioni nei condensatori C_1 e C_2 è indipendente dall'ampiezza dell'*AF* e segue soltanto la *variazione di frequenza imposta nella modulazione*. Come abbiamo già accennato, le variazioni d'ampiezza dovute a disturbi non hanno la possibilità di manifestarsi. Se invece si presenta una *lenta variazione* dell'ampiezza d'*AF*, il condensatore C_3 assumerà effettivamente una *tensione diversa* e ne risulteranno dei *quozienti modificati*.

Nel corso di un periodo di *BF* la ripartizione della tensione tra C_1 e C_2 oscilla in dipendenza dalla maggiore o minore deviazione dell'*AF* dalla *frequenza di risonanza* del *filtro di banda*, ossia dalla *frequenza portante*. Ai capi dei condensatori C_1 e C_2 agisce, oltre alla tensione continua, la *BF demodulata*. Dato che nello schema della fig. 29 il *catodo* di D_2 è messo a terra, la *BF* va prelevata attraverso al *condensatore* C_4 per trattenere la tensione continua.

Possiamo rilevare, inoltre, che la tensione continua ricavata ai capi del condensatore C_3 è proporzionale all'*ampiezza media dell'AF*, dalla quale elimina però le *variazioni rapide* e i *disturbi*. Data anche la sua giusta polarità, questa tensione può essere impiegata per il *controllo automatico del volume*. Per tutte queste ragioni (e cioè perchè rende inutile il *limitatore* e perchè fornisce nello stesso tempo la tensione per il *controllo automatico*), il *demodulatore di quoziente* è molto più efficiente del *discriminatore* e perciò viene impiegato assai spesso. Negli schemi pratici l'uno o l'altro particolare potrà essere, alle volte, modificato, ma il principio essenziale rimane sempre immutato.

Il detector di fase

Un *terzo sistema* per la *demodulazione delle onde modulate in frequenza* è stato sviluppato dalla Philips: si tratta del *sistema a detector di fase*. L'organo principale di questo dispositivo è una *valvola speciale con non meno di sette griglie oltre al catodo ed all'anodo*. Lo schema di questa valvola, che potremmo chiamare « *nonodo* », è riportato nella fig. 30. Questo tipo di valvola è designato con la sigla EQ80.

Ve ne spiegheremo la costruzione ed il funzionamento. Il *catodo* è seguito da una cosiddetta « *griglia limitatrice di corrente* », simile a quella che abbiamo conosciuto nell'*occhio magico*. *Compito di questa griglia, nonchè della griglia-schermo che viene dopo, è di far sì che la corrente erogata al susseguente sistema elettronico sia costante.*

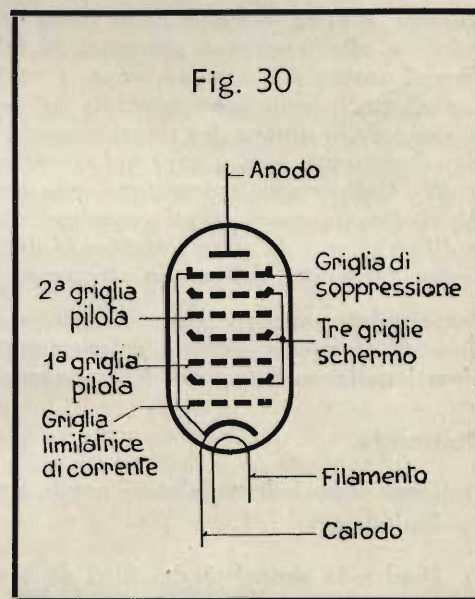
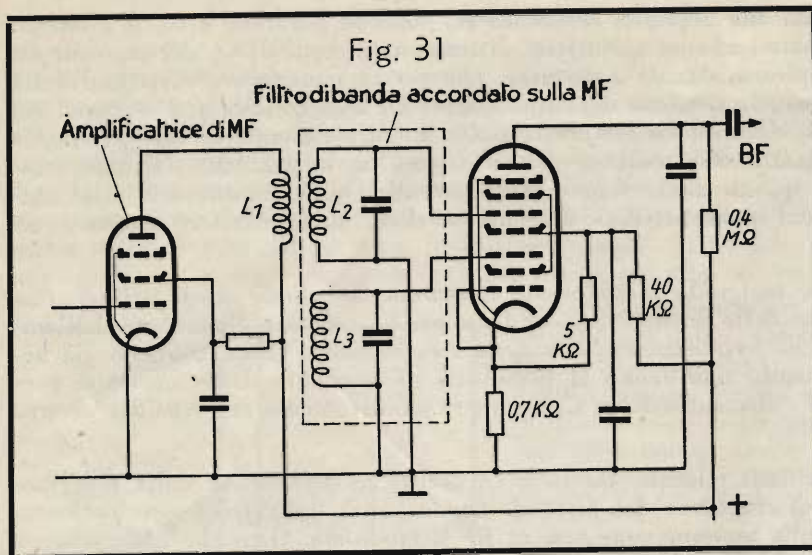
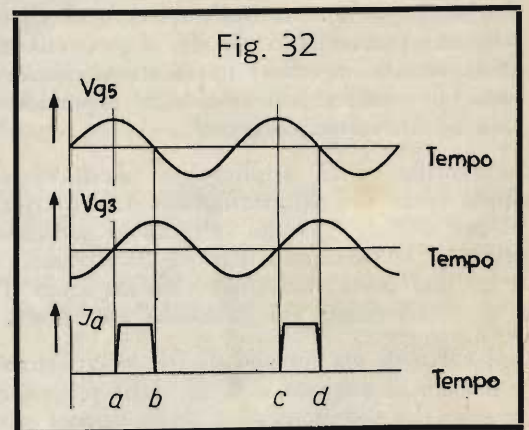
La *terza griglia* costituisce la *prima griglia-pilota*. Dopo una *seconda griglia-schermo* segue la *quinta griglia*, che è la *seconda griglia-pilota*. Seguono infine gli *elettrodi terminali*, uguali a quelli del *pentodo*, e cioè *griglia-schermo, griglia di soppressione e placca*.

Fig. 30

Dato il gran numero di griglie, la corrente anodica dipende dalla tensione anodica ancora meno che nel *pentodo*. Le *griglie-schermo* sono poste alla solita *tensione continua costante*, mentre le *griglie pilota* hanno una *lieve polarizzazione negativa*. La ragion d'essere di tutte queste *griglie* è che, *per ottenere una corrente anodica, bisogna che entrambe le griglie-pilota siano simultaneamente, almeno per breve tempo, positive. Se una sola delle due griglie-pilota è negativa, non può passare alcuna corrente.*

Il fatto più importante e interessante è che, almeno entro certi limiti, il valore della tensione di queste stesse griglie è senza influenza sull'intensità della corrente anodica. Si richiede soltanto che entrambe le *griglie* siano *positive*, ma il valore della loro tensione non ha importanza. Se gli elementi componenti dello schema sono stati calcolati come si deve, esistono *due sole possibilità per la corrente anodica*: o presenta una *certa intensità finale*, oppure è *nulla*.

Dalla fig. 31 risulta che il *tubo detector di fase* può essere impiegato come *demodulatore di oscillazioni modulate in frequenza*. Anche qui si fa uso dello spostamento di fase tra la tensione primaria e quella secondaria nei *filtri di banda*, in prossimità della *risonanza*.

La *bobina* L_1 nel circuito anodico dell'*ultima valvola di MF* è accoppiata rigidamente con l'entrata del *filtro di banda*, per mezzo di L_2. L_2 ed L_3 sono invece accoppiate tra loro leggermente, come d'uso nei *filtri di banda*. I due capi inferiori dei *circuiti oscillanti* sono allacciati *a massa*; quelli superiori vanno alle *griglie-pilota*

della EQ80. Come nel *discriminatore*, nel caso della risonanza le tensioni all'entrata ed all'uscita del filtro sono sfasate di

90° fra di loro. Non consideriamo per ora la *polarizzazione di griglia* e osserviamo semplicemente che *le due griglie-pilota* sono sottoposte a *tensioni alternate sfasate tra loro di 90°* (fig. 32).

Per stabilire i periodi in cui passa la *corrente anodica*, bisogna cercare i tratti delle curve della tensione che, per entrambe le griglie, si trovano contemporaneamente sopra l'asse orizzontale. Nella fig. 32 ciò avviene nei tratti da *a* a *b* e da *c* a *d*. Quando lo spostamento di fase è di 90°, si ottiene la *corrente anodica* soltanto durante *un quarto del periodo. Se lo sfasamento aumenta, il periodo durante il quale passa la corrente anodica diviene ancora più breve.* Come potete rilevare voi stesso, quando lo *sfasamento* diventa uguale a *180°*, la *corrente anodica* rimane completamente *bloccata*. La *massima corrente anodica possibile*, quando alle due griglie sono applicate *tensioni alternate della medesima frequenza*, si ottiene nel caso che queste *tensioni* siano *in concordanza di fase*. Entrambe le *griglie* sono contemporaneamente *positive per mezzo periodo* e poi *negative per l'altro mezzo periodo*; anche la *corrente anodica* passa soltanto *durante mezzo periodo*.

Dopo aver esaminato i casi-limiti, e sapendo che quando la *frequenza* si scosta dalla *risonanza del filtro di banda* ne consegue una *variazione nella relazione di fase* tra la *tensione primaria* e *quella secondaria*, possiamo spiegare come avvenga la *demodulazione col detector di fase*.

Durante ciascun periodo della bassa frequenza, la frequenza istantanea è per un po' superiore e per un po' inferiore alla frequenza portante. Si ottengono perciò in ciascun periodo di BF degli impulsi di corrente anodica di durata più o meno lunga. I rapidi impulsi determinati dall'*alta frequenza* non possono esercitare alcun effetto, perchè sono assorbiti dal *condensatore* inserito in parallelo alla *resistenza anodica*. Invece la *variazione della durata* dei singoli impulsi provoca la *carica* o la *scarica* del *condensatore*. La *tensione alternata* che si presenta così ai capi del *condensatore*, a seguito della variazione della sua carica, contiene naturalmente la *BF*. Dalle nostre spiegazioni sulla *demodulazione delle oscillazioni modulate in ampiezza* voi sapete già come si dimensionano questi complessi di resistenza e capacità. Qui il problema è ancora più semplice, perchè la *BF* è sempre la stessa, mentre la *MF* non è più attorno ai 470 kHz, bensì attorno ai 10-20 MHz. La *BF* si deriva anche qui dall'*anodo* attraverso ad un *condensatore*, per separarla dalla tensione continua.

Come vedete, anche col *detector di fase* non occorre un *limitatore*. Pertanto il *demodulatore* per la *modulazione di frequenza* diventa relativamente semplice e corrisponde sensibilmente, nella costruzione, ai tipi impiegati nella *modulazione di ampiezza*. La *MF* è però notevolmente più alta, come abbiamo già detto.

Domande

1) Quali sono i demodulatori per le trasmissioni a modulazione di frequenza, che non richiedono l'uso di un limitatore?

2) Qual è la proprietà dei filtri di banda, importante per la demodulazione delle oscillazioni a modulazione di frequenza?

3) Perchè nel demodulatore di quoziente bisogna inserire tra i due diodi un grosso condensatore con un'elevata resistenza in parallelo?

4) In che cosa differiscono gli schemi del demodulatore di quoziente e del discriminatore?

5) Come si spiega la denominazione: « *detector di fase* »?

6) Quale dev'essere lo sfasamento tra le tensioni delle due griglie-pilota nel detector di fase, se la corrente anodica dev'essere massima, oppure minima?

Risposte alle domande di pag. 14/15

1) La dinamica di una radiotrasmissione è il rapporto delle ampiezze di *BF* nei punti corrispondenti al minimo ed al massimo volume sonoro.
2) Nella modulazione d'ampiezza, la *BF* trasmessa è espressa dalla continua oscillazione dell'ampiezza dell'*AF*. Poichè i disturbi provocano la variazione delle ampiezze, il loro effetto è molto forte nella modulazione d'ampiezza. Al contrario, nella modulazione di frequenza l'ampiezza delle oscillazioni non ha alcun rapporto con la *BF* trasmessa. Le variazioni d'ampiezza provocate dai disturbi non possono aver effetto fastidioso, perchè nel ricevitore le ampiezze sono artificialmente ridotte ad un livello costante.
3) La banda d'*AF* delle trasmissioni modulate in frequenza è più di dieci volte maggiore della banda usata con la modulazione d'ampiezza nelle gamme delle onde lunghe, medie e corte.
4) Per ottenere la modulazione di frequenza occorre una valvola a forte pendenza variabile col punto di lavoro.
5) L'ammettenza creata dalla valvola ausiliaria può essere piccola, perchè nel campo delle onde ultracorte si lavora con variazioni di frequenza relativamente esigue.

RADAR

LA PRODUZIONE DELLE ONDE CENTIMETRICHE

Nella moderna tecnica del *radar* la produzione di *onde cortissime* è importante per varie ragioni. È chiaro che la concentrazione del raggio elettromagnetico può essere effettuata tanto più facilmente e con minor dispendio, quanto più corte sono le onde usate. Inoltre, con le onde più corte, è meglio assicurata la propagazione diretta e rettilinea, che consente di evitare le influenze del terreno e dell'atmosfera. C'è poi un'altra circostanza: la riflessione delle onde, per effetto di oggetti relativamente piccoli, avviene in modo tanto più sicuro e determinato, quanto più corte sono le onde in giuoco. D'altronde era ormai noto da tempo che il miglior funzionamento del *radar* si sarebbe ottenuto impiegando delle *onde lunghe solo alcuni centimetri*. Il *radar* con *lunghezze d'onda di alcuni decimetri e metri* si applica soltanto, qualora si vogliano localizzare degli *obbiettivi a grande altezza*, dove non sempre le onde centimetriche possono giungere, a causa delle nuvole e di altri ostacoli atmosferici. Per lungo tempo però quest'idea non potè esser messa in pratica, perchè non si trovava il modo di costruire dei trasmettitori che potessero emettere un'energia sufficiente. Vi daremo ora qualche dato e qualche nozione sulla struttura e sul funzionamento di questi *trasmettitori di onde centimetriche*.

Il magnetron

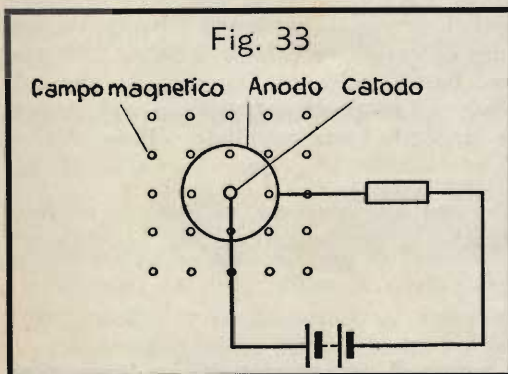
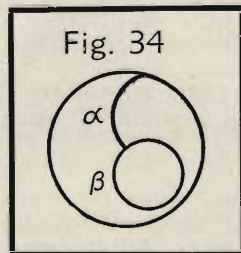
Le *lunghezze d'onda attorno ai 10-20 cm costituiscono il limite inferiore*, sotto il quale non è più possibile generare delle oscillazioni elettromagnetiche mediante normali tubi elettronici. Nella Dispensa N. 22, parlando del comportamento degli elettroni nel campo magnetico, abbiamo visto che questi percorrono, nel campo uniforme, un'orbita circolare. Il tempo impiegato per compiere un giro dipende dall'intensità del campo magnetico e si è trovato che esso misura circa 10^{-9}-10^{-10} secondi. Il moto rotatorio si svolge pertanto con una ben determinata frequenza, che per l'appunto è compresa nella gamma delle *onde centimetriche*, così importante per il *radar*. Il *magnetron* è, nel caso più semplice, un *diodo con filamento e placca* (fig. 33).

Senza campo magnetico, gli elettroni vanno in linea retta dal catodo all'anodo. Se ora applichiamo un *magnete* con le linee di forza dirette come è indicato nella fig. 33, e ne facciamo *aumentare lentamente l'intensità*, vediamo, con l'aiuto di uno strumento inserito nel circuito anodico, che la *corrente anodica diminuisce*, benchè la tensione sia rimasta invariata. Il campo magnetico produce dunque un certo effetto sul tubo elettronico; ma in che modo?

Fig. 34

α

β

Rammentiamoci della *deflessione magnetica del raggio elettronico* descritta nella Dispensa N. 21. Anche qui le traiettorie degli elettroni sono perpendicolari alle linee di forza magnetiche. Ciascun elettrone subisce quindi una *deflessione*, per cui, passando dal catodo all'anodo, non segue una linea retta. *Aumentando l'intensità magnetica, la curvatura della traiettoria diviene sempre più forte* (fig. 34, traiettoria α), *finchè si ha un numero sempre maggiore di elettroni che non raggiungono nemmeno la placca* (fig. 34, traiettoria β). Come si vede nella figura, si ottengono, anche in questo caso, delle *orbite chiuse*. Il *tempo impiegato* dagli elettroni per compiere l'intiera rotazione corrisponde appunto alla *frequenza generata dal dispositivo*.

Lo strano si è che a generare le oscillazioni contribuiscono gli stessi elettroni che non raggiungono l'anodo.

È facile immaginare, tuttavia, che gli *elettroni ruotanti* producono dei *particolari effetti* in un *circuito oscillante accordato sulla frequenza di rotazione.* È inutile che descriviamo meglio la struttura del modello schizzato nella fig. 33, poichè non trova applicazione sotto questa forma. Avrebbe infatti un rendimento pessimo; quasi tutta l'energia elettrica addotta verrebbe trasformata in *calore.*

Si è trovato invece che le oscillazioni possono essere prodotte molto meglio, se il *cilindro* costituente l'*anodo* viene *suddiviso.* Ciò consente inoltre, se il numero delle suddivisioni è pari, di allacciare un *circuito risonante.*

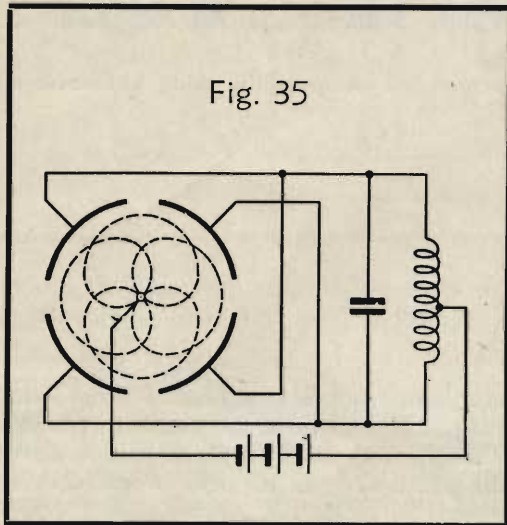
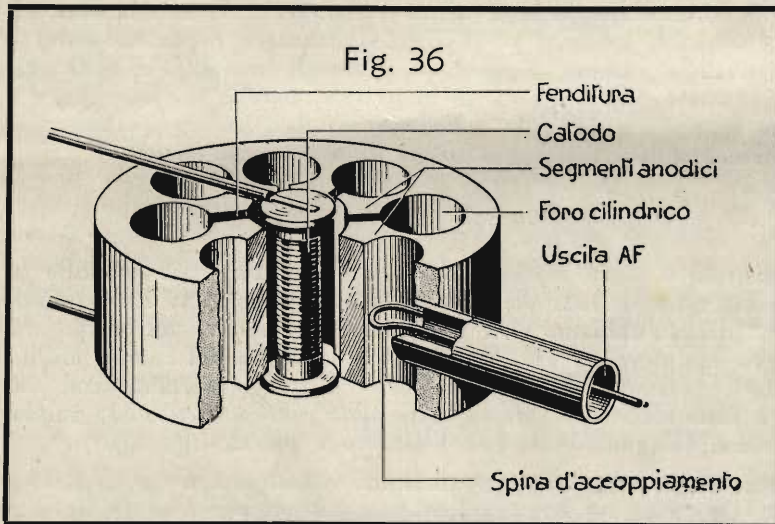



Fig. 35

Le *fenditure nel cilindro anodico* hanno naturalmente anch'esse il loro influsso sulle traiettorie degli elettroni, benchè si ottengano sempre delle curve chiuse. La fig. 35 mostra la forma fondamentale delle traiettorie per un *magnetron a quattro fenditure.* Si tratta di una specie di rosetta quadripartita; l'elettrone ritorna sempre in prossimità del punto di partenza. Generalmente si collegano, con un conduttore il più corto e rigido possibile, *due settori prospicienti*, e si inserisce un *circuito oscillante* tra le *due coppie di settori.*

Particolarmente interessante è la struttura del modernissimo *magnetron ad alta potenza* rappresentato nella fig. 36. Si vede, parzialmente sezionato, il *corpo anodico* costituito da un *blocco di rame.* Si tratta di un *magnetron a otto fenditure*, anche se il corpo anodico non è completamente separato in parti staccate. Trattandosi di *onde cortissime* (pochi centimetri!), i *circuiti oscillanti* non possono essere formati nel modo convenzionale, con un'*induttanza* ed una *capacità.* Gli *8 fori cilindrici* alla periferia del *cilindro* costituiscono delle *cavità risuonanti* di frequenza propria ben determinata. Questi cosiddetti « *risuonatori* » sono eccitati dagli elettroni che, ruotando, passano davanti alle fenditure; un po' in modo analogo a ciò che si ottiene quando si soffia contro l'apertura praticata nella parete di una cavità o cassa armonica: quest'ultima viene eccitata ed emette un suono che dipende dal suo volume e dalla sua forma. *Risulta pertanto impossibile variare in modo continuo e semplice la frequenza di un magnetron.* Nel centro del *cilindro anodico*, naturalmente pure in un foro, è situato il *catodo a riscaldamento indiretto*; data la grande potenza in giuoco, esso presenta delle dimensioni considerevoli.

Fig. 36

Pure interessante è il sistema usato per il *prelievo dell'energia.* Serve a questo scopo una *spira di filo* introdotta in una delle *cavità risuonanti.* L'energia prelevata si trasporta mediante il *cavo concentrico* situato a destra. Poichè tutti i *circuiti oscillanti* sono continuamente accoppiati tra loro, basta prelevare l'energia da una sola cavità. Per generare il campo magnetico si usa un *magnete permanente* di notevole intensità, i cui poli si trovano sopra e sotto il *cilindro anodico* e che produce pertanto delle linee di forza parallele all'asse del *cilindro.*

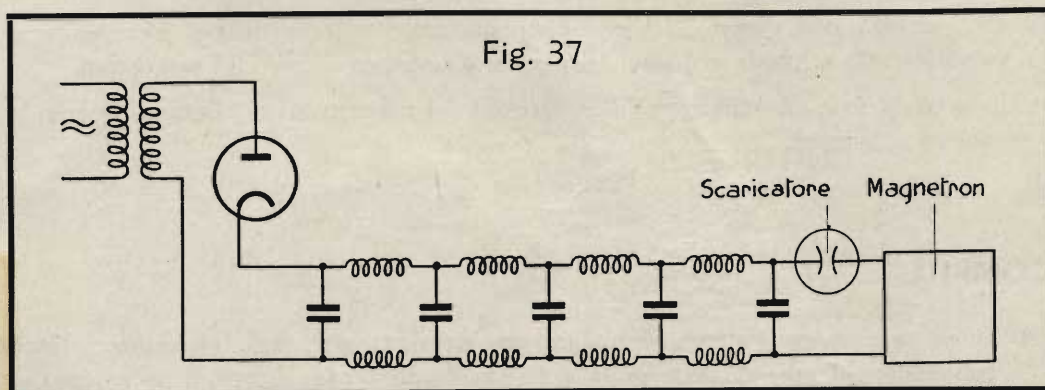
Per potere sviluppare la potenza necessaria, bisogna alimentare il tubo *con alta tensione, di qualche migliaio di volt.* Il *campo magnetico* deve avere *diverse migliaia di gauss*, affinchè il funzionamento sia possibile.

La modulazione ad impulsi

La *misura di distanza* col *radar* dipende, com'è noto, dalla misura del tempo di propagazione di un breve *treno d'onde*, tra la sua emissione ed il suo ritorno, dopo la riflessione. È pertanto indispensabile che la trasmissione avvenga sempre *per impulsi.* Pensiamo un poco in quale modo si possa ottenere l'esercizio *per impulsi* col *magnetron.* Le *variazioni del campo magnetico*, oppure dell'*accensione*, non possono essere realizzate in pratica con la frequenza richiesta. Non rimane pertanto altro che l'*inserzione della tensione anodica.* La cosa più gradevole sarebbe se la variazione si potesse ottenere sotto forma di *brevi impulsi rettangolari*, poichè il valore della tensione anodica ha una certa influenza sulla stabilità della frequenza e sulla forma delle oscilla-

zioni. Se si impiega un *sistema a carica e scarica di un semplice condensatore,* si ottengono bensì delle brevi punte, ma non l'andamento rettangolare richiesto.

Data l'elevata tensione e la grande potenza in giuoco, non è possibile costruire uno schema a *multivibratore.*

Se però, invece di un *condensatore,* si impiega una *combinazione di bobine e di capacità,* allora la produzione di *impulsi rettangolari di tensione* è possibile. Questa *linea artificiale* (fig. 37) si carica e si applica al *magnetron* attraverso ad uno *scaricatore* comandato. Lo *scaricatore nel vuoto* costituisce una specie di *interruttore.* Nell'interno del medesimo bulbo è contenuto uno *scaricatore ausiliario* che si innesca a seguito di un *impulso-pilota* proveniente da un apposito apparecchio. Nello *scaricatore ausiliario* si forma un piccolo *arco,* che passa poi allo *scaricatore principale,* chiudendo il circuito del *magnetron.* Lo schema di principio dell'apparecchiatura è visibile nella fig. 37. Ulteriori particolari sono inutili, dovendosi riservare ai soli specialisti di questo campo.

Domande

1) Quanti elettrodi possiede il magnetron?

2) Perchè la tecnica del radar necessita del magnetron?

3) Come si effettua la modulazione delle oscillazioni del magnetron?

Risposte alle domande di pag. 20

1) Negli schemi di apparecchi per onde ultracorte possono mancare i condensatori, nei casi in cui sono sufficienti, come capacità del circuito oscillante, le capacità proprie delle connessioni e degli elettrodi.
2) Le valvole destinate all'amplificazione di bande di frequenza molto ampie devono possedere una grandissima potenza.
3) Gli schemi più usati per la generazione delle oscillazioni a onde ultracorte sono l'oscillatore di Hartley e l'ultra-audion.
4) Gli esodi non sono adatti come convertitori di frequenza negli apparecchi per onde ultracorte, perchè producono un eccessivo fruscio.
5) Per fare a meno di un filtro ad alto potere di separazione nei ricevitori televisivi, si trasmette, oltre alla prima banda di modulazione, anche 1 MHz della seconda banda. Se il filtro ricevente possiede un cosiddetto « *fianco inclinato* », le due sezioni di banda si completano perfettamente.
6) Per ottenere la necessaria grande larghezza di banda, nei filtri degli amplificatori per onde ultracorte, i circuiti oscillanti subiscono un'attenuazione per effetto di una resistenza aggiuntiva. In compenso bisogna accoppiare più rigidamente tra loro i circuiti oscillanti.

Risposte alle domande di pag. 24

1) Il limitatore, per la demodulazione di oscillazioni a modulazione di frequenza, non occorre nel demodulatore a quoziente e nel detector di fase.
2) È importante per la demodulazione di oscillazioni a modulazione di frequenza, che in caso di risonanza sussista uno spostamento di fase di 90°, tra la tensione primaria e la secondaria di un filtro di banda. Lo sfasamento varia allora in modo univoco e dipendente dalla deviazione della frequenza dalla risonanza.
3) Affinchè il demodulatore di quoziente possa funzionare in modo ineccepibile, bisogna che la somma delle tensioni continue di entrambi i diodi rimanga costante. Ciò si ottiene allacciando un grosso condensatore C_3 in parallelo ai due condensatori di carica C_1 e C_2, oltre ad una resistenza piuttosto elevata.
4) Confrontando le figure 24 e 29 si nota che la differenza tra il discriminatore ed il demodulatore di quoziente consiste nel fatto che, nello schema di quest'ultimo, uno dei due diodi è capovolto.
5) Il termine « *detector di fase* » deriva dal fatto che, per ottenere la demodulazione, si fa uso della differenza di fase tra le tensioni delle due griglie-schermo.
6) Nel detector di fase la corrente anodica è massima, quando le tensioni di griglia-pilota sono in fase, mentre è minima, quando sono in opposizione di fase.

Risposte alle domande di pag. 27

1) Il magnetron possiede due elettrodi, il catodo e l'anodo suddiviso in settori.

2) Il radar più perfezionato richiede l'impiego delle onde cortissime. Per generare delle energie sufficientemente elevate a queste altissime frequenze, è necessario l'uso del magnetron.

3) La modulazione ad impulsi delle oscillazioni del magnetron si effettua, inserendo e togliendo la tensione anodica a impulsi.

COMPITI

1) Quale deve essere l'altezza di un'antenna ricevente per onde ultracorte, affinchè si possano ricevere le trasmissioni di una stazione posta a 40 km di distanza e dotata di un'antenna alta 81 metri?

2) Quali sono i cercatori che partecipano al collegamento tra una centrale principale ed una centrale terminale? (fig. 5, Centrale Hasler 25).

3) Da quante e quali cifre sono composti i numeri per la teleselezione, in Svizzera?

4) Qual è la distanza di un oggetto che produce, sullo schermo del *radar*, un'impronta a cm 3,5 di distanza dal punto di zero? Si supponga una frequenza di deflessione uguale a 800 Hz ed un'escursione complessiva del raggio di cm 12, e non si tenga conto, per il calcolo, del tempo di ritorno.

5) Perchè la frequenza dell'asse dei tempi non deve essere troppo elevata, nel *radar*, se si vuole avere un campo di misura univoco abbastanza grande?

6) Quali sono le caratteristiche essenziali, fisiche e tecniche, di un segnale di *BF*, e sotto quale forma sono contenute in un'oscillazione modulata in frequenza?

7) Qual è la causa del fruscio delle valvole, e come mai esso è particolarmente forte nelle valvole a più griglie?

8) Qual è il valore d'induttanza rappresentato dallo schema del modulatore nell'esempio considerato a pagina 13/14, alla frequenza nominale? Come viene modificata l'induttanza complessiva dalla messa in parallelo del modulatore? (Si ponga la pendenza $S = 2$ mA/V; la resistenza $R_1 = 25$ kΩ; la capacità $C_2 = 20$ pF; l'induttanza del circuito oscillante = 0,507 MF).

9) Spiegate come mai si possa impiegare un triodo come convertitore di frequenza nell'amplificatore televisivo.

10) Spiegate quali sono le caratteristiche comuni dei più importanti schemi di demodulatori per modulazione di frequenza, e in che cosa essi si distinguono (discriminatore, demodulatore di quoziente, detector di fase).

11) Determinate la durata del passaggio di corrente nel detector di fase, quando le tensioni applicate alle griglie-pilota sono sfasate tra loro di 60°.

12) In che modo il *magnetron* consente di generare le altissime frequenze della gamma delle onde centimetriche?

13) Quali sono le applicazioni delle onde ultracorte che avete conosciuto finora?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 23

Formula

(69) Portata delle onde ultracorte: $r = 3{,}57\sqrt{h}$ . . . . pag 2

Corso "TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI" Dispensa n°23

Il testo del compito n°8 a pagina 28, nella sua ultima parte, contiene un errore di stampa:

dove é detto: ".....l'induttanza del circuito oscillante = 0,507 MF " (errato)

si deve leggere: ".....l'induttanza del circuito oscillante = 0,507 μH " (esatto) μ

Infatti, come é spiegato nella dispensa n°6 a pag.22, l'unità di misura dell'induttanza é l'henry il cui simbolo é appunto la lettera H.

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.

DISPENSA N°. 24

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 24

C O R S O D I T E C N I C A D E L L E
TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 24**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Ripetiamo brevemente ciò che abbiamo appreso nella Dispensa N. 23.

Il primo Capitolo riguardava le *onde ultracorte.* A questo proposito bisogna ricordare soprattutto la particolarità di queste onde, consistente nel fatto che esse si propagano soltanto in linea retta; inoltre vanno tenute presenti le speciali caratteristiche costruttive delle valvole per onde ultracorte, dovute alla necessità di tener conto del *tempo* occorrente agli elettroni per spostarsi tra gli elettrodi della valvola.

Non sarà stato privo di interesse per voi il Capitolo sul funzionamento dei *gruppi di reti telefoniche automatiche* in collegamento reciproco. In certi casi la realizzazione di *collegamenti interurbani* richiede l'intervento di *registratori* e *selettori* situati in centrali differenti. Brillante, nella sua semplicità, il sistema ideato per il conteggio automatico delle tariffe, mediante il *contatore di tempo e di zona.*

Il Capitolo sul *radar* vi ha fornito le nozioni fondamentali relative a un modernissimo campo di applicazione delle onde elettromagnetiche. Abbiamo chiarito come mai il *tubo a raggi catodici* sia indispensabile per la misura dei *tempi brevissimi.* Dopo queste spiegazioni preliminari, era facile comprendere come sia costruito, in linea di principio, un apparecchio per la *misura delle distanze* mediante le onde radio.

Ci siamo quindi occupati della *trasmissione del suono nella televisione*; essa avviene mediante *onde ultracorte modulate in frequenza.* Questo sistema offre notevoli vantaggi, tra cui l'*assenza quasi completa di disturbi.* Vi è stato illustrato uno schema di principio atto a realizzare la *modulazione di frequenza*: variando la tensione applicata ad una griglia di una valvola, si ottiene un'induttanza variabile, la cosiddetta « *reattanza elettronica* ».

Un altro ampio Capitolo era dedicato alla *televisione.* L'uno dopo l'altro, sono stati illustrati tutti gli stadi dell'*amplificatore televisivo.* Il *ricevitore televisivo a conversione di frequenza* presenta parecchie differenze rispetto alle supereterodine usate nelle varie gamme delle radioaudizioni; differenze dovute al fatto che la frequenza di ricezione e la media frequenza sono molto più alte, e al fatto che la *banda di frequenza* ha un'estensione enorme. Le maggiori diversità si riscontrano nella parte a *MF*, dove bisogna ottenere la necessaria selettività. Dato che nei primi stadi di *MF* si amplifica il suono assieme all'immagine, i filtri sono un po' differenti da quelli degli stadi successivi. Comunque lo scopo prefisso si realizza alfine mediante l'impiego di *circuiti oscillanti* in serie ed in parallelo.

Come si richiedono degli schemi speciali per ottenere la modulazione di frequenza, così anche la *demodulazione delle oscillazioni modulate in frequenza* abbisogna di sistemi appositi. In tutti i sistemi in uso ci si giova del *filtro di banda a doppio accoppiamento.* Il *discriminatore* ed il *demodulatore di quoziente* funzionano con due elementi raddrizzatori. Il *detector di fase* è invece una speciale valvola, costruita apposta per effettuare la demodulazione di oscillazioni modulate in frequenza. Essa contiene ben nove elettrodi e conduce una corrente anodica che dipende dalla relazione di fase tra le tensioni alternate applicate alle due griglie-pilota.

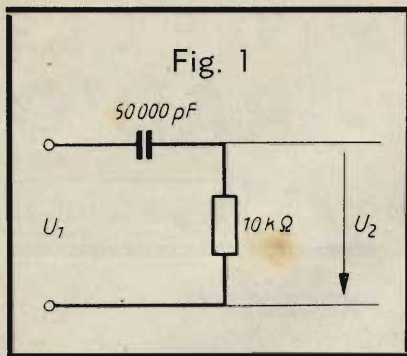
L'ultimo Capitolo era dedicato nuovamente alle onde ultracorte. Avete conosciuto il *magnetron*, una valvola speciale capace di produrre *onde centimetriche* di potenza relativamente elevata. È interessante il funzionamento del *magnetron con anodo suddiviso* e soprattutto la costruzione del *magnetron di grande potenza.* Infine abbiamo spiegato in qual modo si può effettuare la *modulazione a impulsi rettangolari*, occorrente per il *radar.*

RADIOTECNICA

DISTORSIONI E FATTORE DI DISTORSIONE

Il fine di tutti gli impianti di trasmissione è di ottenere *la massima fedeltà possibile nella riproduzione.* Purtroppo questo scopo è ostacolato da numerose circostanze. È vero che, con particolari accorgimenti e con l'impiego di apparecchiature più perfezionate, è possibile superare queste difficoltà in gran parte; interviene però la questione economica, perchè gli impianti non devono risultare troppo costosi. In definitiva ci si limita sempre a soluzioni di compromesso, ed è perciò indispensabile conoscere di che genere siano le distorsioni che si manifestano e sapere fino a qual punto esse siano ancora ammissibili e non producano dei disturbi eccessivi.

Distorsioni lineari

Per comprendere di che si tratta, ci conviene vedere subito in un esempio pratico come si formano queste *distorsioni.* La fig. 1 rappresenta la messa in serie di un *condensatore* con una *resistenza ohmica.* Supponiamo

di applicare all'entrata *uguali tensioni* V_1 (= 10 V), ma *a differenti frequenze* (100, 1000 e 100 000 Hz). Troviamo che la *tensione d'uscita* V_2 aumenta col crescere della *frequenza*. Ciò è facile da comprendere, perchè la *reattanza del condensatore* diminuisce col crescere della *frequenza* e quindi aumenta la *corrente* che attraversa il collegamento in serie. Di conseguenza aumenta la *caduta di tensione* nella *resistenza*. Confermeremo ora questa asserzione, calcolando le *tensioni* nei vari casi.

Nel primo caso abbiamo, alla frequenza di *100 Hz*, una *reattanza capacitiva* di:

$$R_{cap} = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 50\,000 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^{12}}{\pi \cdot 10^7} = \frac{10^5}{\pi} =$$
$$= 31{,}83 \cdot 10^3 \text{ ohm} = 31{,}83 \ k\Omega.$$

L'*impedenza*, generalmente designata con la lettera Z, diventa:

$$Z = \sqrt{10^2 + 31{,}83^2} = \sqrt{100 + 1013{,}1} = \sqrt{1113{,}1} = 33{,}36 \ k\Omega.$$

La *corrente* è quindi: $I = \frac{V}{Z} = \frac{10}{33{,}36 \cdot 10^3} A = \frac{10}{33{,}36} \text{mA} = 0{,}3 \ mA.$

La *caduta di tensione* provocata da questa corrente nella resistenza è

$V_2 = I \cdot R = 0{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 3 \ volt.$

Alle altre due frequenze considerate si ottengono i valori seguenti:

1000 Hz: $R_{cap} = 3{,}183 \cdot 10^3 \text{ ohm} = 3{,}183 \ k\Omega.$

$Z = \sqrt{100 + 10{,}131} = \sqrt{110{,}131} = 10{,}5 \ k\Omega.$

$I = \frac{10}{10{,}5} \text{ mA} = 0{,}952 \ mA.$

$V_2 = 0{,}952 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 9{,}52 \ volt.$

100 000 Hz: $R_{cap} = 31{,}83 \ ohm.$

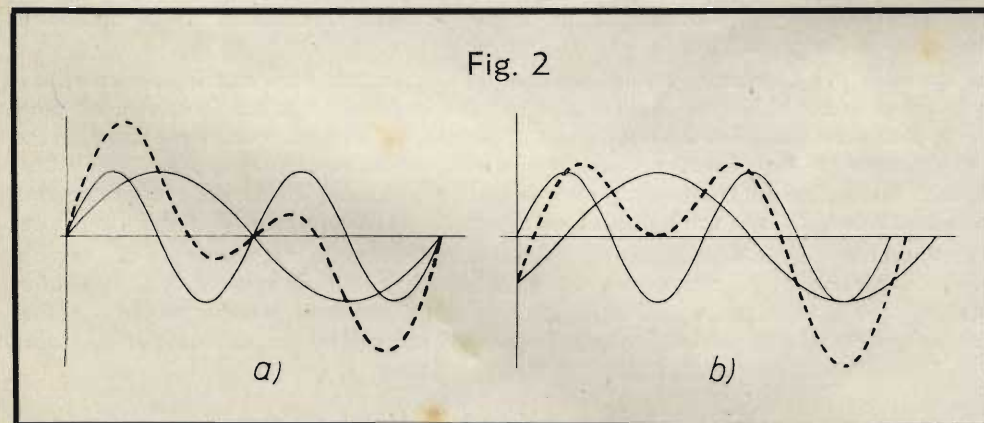
$Z \ \sqrt{100 + 0{,}0010} = 10 \ k\Omega.$

$I = \frac{10}{10} \text{ mA} = 1 \ mA.$

$V_2 = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 10 \ volt.$

Il calcolo conferma che, alle *alte frequenze*, il *condensatore* non ha più alcun effetto accanto ai 10 kΩ della *resistenza*.

La combinazione di una resistenza con un condensatore costituisce la forma più semplice di un filtro passa-alto, perchè lascia passare senza attenuazione soltanto le frequenze superiori ad un determinato valore.

Lo schema della fig. 1 non potrebbe quindi essere impiegato per l'accoppiamento di *due stadi amplificatori* nel campo tra 100 e 1 000 Hz, perchè *le ampiezze delle oscillazioni verrebbero trasferite in misura del tutto differente* a seconda della *frequenza*. Si avrebbe quindi una notevole *distorsione di ampiezza*. Si dice anche « *distorsione d'attenuazione* », perchè la variazione dell'*ampiezza* è provocata dalla variazione dell'*attenuazione*.

Questo genere di distorsione è dovuto esclusivamente alla scelta infelice degli elementi d'accoppiamento, e si denomina « *distorsione lineare* ». Ora comprenderete altresì che i *condensatori d'accoppiamento* nei nostri schemi di apparecchi radio devono essere scelti in modo *da evitare la formazione di distorsioni d'ampiezza*. È che nella *radio* e nella *televisione* le *distorsioni d'ampiezza* devono rimanere *limitate al minimo*, affinchè non ne soffra la qualità della trasmissione.

Un secondo genere di *distorsioni lineari* sono le *distorsioni di fase*. Esse si presentano soprattutto nei *circuiti di risonanza*. L'effetto è dimostrato nella fig. 2, presupponendo due frequenze nel rapporto di 2 : 1 ma con la medesima ampiezza. Nella fig. 2-*a* entrambe le oscillazioni hanno inizio nel *punto di zero*. Sommando le due onde sinusoidali, si ottiene la curva a trattini.

Supponiamo ora di avere uno schema che introduca una *distorsione di fase*, e che pertanto la curva di minor frequenza rimanga leggermente spostata verso destra (fig. 2-*b*). La curva risultante ha ora un aspetto comple-

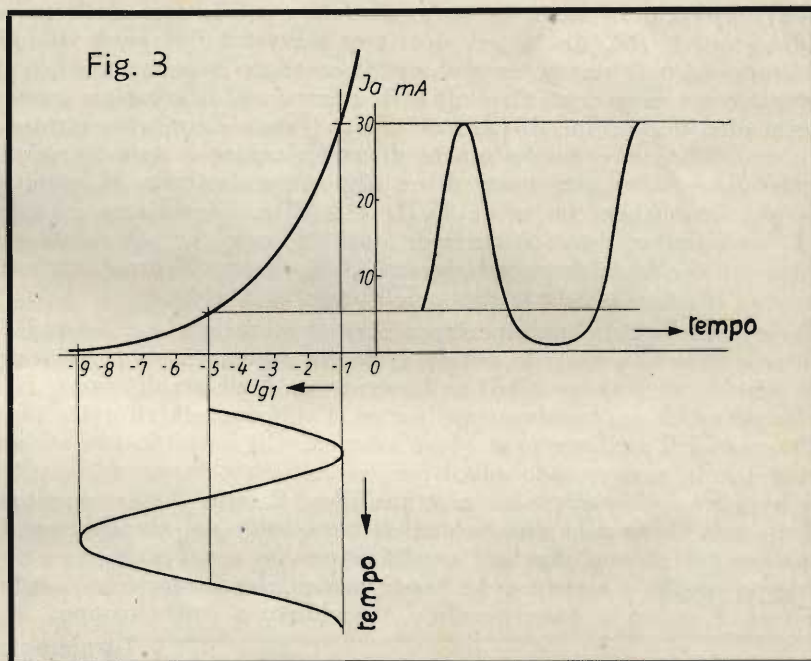
tamente diverso. Sarete curioso di sapere quale effetto abbia tale distorsione.

L'orecchio umano separa le due curve-somma della fig. 2 nelle singole componenti sinusoidali e percepisce *ciascun suono per proprio conto.* In realtà, nei due casi *a*) e *b*) della fig. 2 si udirebbero gli identici suoni con la medesima intensità. *L'orecchio è quindi insensibile alle distorsioni di fase.* Che le cose stiano così lo si nota anche considerando l'effetto dei vari strumenti in un'orchestra. Se l'esattezza nelle relazioni di fase fosse importante, tutti gli strumenti dovrebbero iniziare l'emissione dei suoni contemporaneamente, con la precisione di frazioni di millisecondi: il che naturalmente non è possibile. Questi ragionamenti portano alla conclusione che *nella radio le distorsioni di fase possono essere ignorate.*

Le cose sono invece diverse nella televisione. Supponiamo che le curve *a*) e *b*) della fig. 2 rappresentino il *segnale di immagine* prima e dopo uno *stadio amplificatore* di un *ricevitore televisivo.* Poichè l'*ampiezza* della curva rappresenta l'*intensità luminosa*, le due curve *a*) e *b*) corrispondono a *differenti distribuzioni di luminosità.* L'*amplificatore* introduce quindi una *distorsione di luminosità*, provocata dalla *distorsione di fase.*

In conclusione, risulta che negli *amplificatori per radioaudizioni* non occorre fare attenzione alle *distorsioni di fase*, mentre negli *amplificatori televisivi* bisogna porre *la massima cura per evitarle.*

Distorsioni non lineari

Anche questo genere di distorsioni ci conviene conoscerlo mediante un esempio. Da quanto vi è stato finora spiegato sulle *valvole* e le loro caratteristiche, risulta che queste presentano sempre una *curvatura più o meno accentuata.* Soprattutto nei casi in cui la ampiezza della tensione alternata applicata alla griglia è grande, si ottengono delle *forti deviazioni della corrente anodica dalla forma sinusoidale*, anche se la tensione applicata alla griglia è puramente sinusoidale. Nella fig. 3 si vede, a sinistra, una caratteristica I_a-V_{g1} fortemente incurvata. Lo andamento della corrente anodica risulta *per riflessione* della tensione sinusoidale di griglia, come è stato spiegato nella Dispensa N. 11. Il risultato è una *corrente anodica che differisce fortemente dalla forma sinusoidale* e che quindi produce nella *resistenza ohmica di carico* una *tensione alternata anodica fortemente distorta.* Se lo *specchio* che riflette la *tensione di griglia* fosse piano, in altre parole *se la caratteristica fosse lineare, non ci sarebbero da temere distorsioni. Poichè invece la caratteristica non è lineare, ma curva, le distorsioni che ne risultano vengono chiamate « distorsioni non lineari ».* Mentre le *distorsioni lineari* dipendono unicamente dagli elementi del *circuito* (resistenze, condensatori ecc.), le *distorsioni non lineari* dipendono in forte misura dal *punto di lavoro* e dall'*ampiezza della tensione alternata di griglia.* Se l'ampiezza è piccola, le distorsioni rimangono molto limitate, cosicchè questo genere di distorsioni va preso in considerazione soprattutto nelle *valvole finali.*

Il fattore di distorsione

Come abbiamo già osservato in altro luogo (Dispensa N. 18), la *distorsione* causata dalla curvatura della caratteristica si traduce nella formazione di *fastidiose frequenze più elevate*, le cosiddette « *armoniche superiori* ». La curva della fig. 3 a destra è molto ricca di *armoniche superiori*, data la sua forte deviazione dalla forma sinusoidale. Il contenuto in *armoniche superiori* è caratterizzato dal cosiddetto « *fattore di distorsione* ».

Vediamo un esempio. Consideriamo la notevole distorsione della fig. 3. Mediante una misura col ponte per la determinazione del *fattore di distorsione*, oppure, mediante un calcolo, si sia riscontrato che, con un'ampiezza della tensione di griglia di 4 volt, si ottiene un'*ampiezza della corrente alternata anodica* $I_1 = 13{,}5$ mA per la frequenza fondamentale. L'*armonica di frequenza doppia*, prodotta dalla *distorsione*, ha un'ampiezza $I_2 = 4{,}9$ mA. Le *armoniche di frequenza superiori* hanno ampiezze notevolmente più ridotte, e precisamente $I_3 = 1$ mA e $I_4 = 0{,}65$ mA.

Il *fattore di distorsione* è definito dalla seguente formula:

$$\textit{Fattore di distorsione } k = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}}$$

Il *numeratore* è la *somma dei quadrati delle ampiezze delle armoniche superiori*, mentre il *denominatore* contiene *anche il quadrato dell'ampiezza della fondamentale.* Dato che il *fattore di distorsione* costituisce un *quoziente*, il fatto che si tenga conto delle ampiezze o dei valori efficaci non ha importanza.

Torniamo ora al nostro esempio. Il *fattore di distorsione* diventa:

$$k = \frac{\sqrt{4{,}9^2 + 1^2 + 0{,}65^2}}{\sqrt{13{,}5^2 + 4{,}9^2 + 1^2 + 0{,}65^2}} = \frac{\sqrt{24{,}01 + 1 + 0{,}4225}}{\sqrt{182{,}25 + 24{,}01 + 1 + 0{,}4225}} = \sqrt{\frac{25{,}4325}{207{,}6825}} = \sqrt{0{,}1225} = 0{,}35 \text{ ossia } 35\ \%.$$

Non sarete sorpreso di constatare che nel nostro esempio il *fattore di distorsione* è relativamente elevato, poichè evidentemente la distorsione della curva della fig. 3 è enorme. *In generale una trasmissione che presenta un fattore di distorsione del 5 % può essere considerata ancora abbastanza buona.* Un fattore di distorsione del 35 % sarebbe invece del tutto inammissibile. Non occorre qui che ci preoccupiamo del metodo usato per eseguire la misura; comunque il concetto del *fattore di distorsione* è importante anche per voi.

Domande

1. Quali specie di distorsioni si distinguono?
2. Da che cosa dipendono essenzialmente le distorsioni non lineari?
3. Il fattore di distorsione si calcola con le ampiezze o con i valori efficaci?

TELEVISIONE

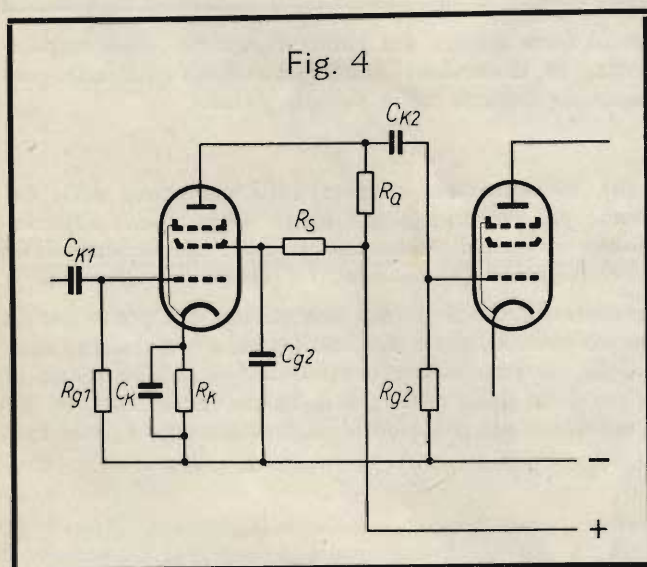
L'AMPLIFICATORE VIDEO

Nell'*amplificatore radio*, lo *stadio rivelatore* per la *demodulazione* dell'*AF* o della *MF* è seguito dagli *stadi amplificatori di BF*. Anche nel *ricevitore televisivo* il *segnale di immagine* che si ottiene dopo il *demodulatore* è *troppo debole* per poter generare il contrasto necessario sullo schermo del *tubo d'immagine*. Come abbiamo spiegato nei precedenti Capitoli sulla televisione, il *segnale d'immagine contiene*, oltre alla *BF*, anche frequenze assai alte, dell'ordine di parecchi MHz. Questa circostanza richiede dei *particolari accorgimenti costruttivi;* per contraddistinguere questo genere di *amplificatore* è stata introdotta nei paesi anglosassoni l'espressione « *Amplificatore Video* ». Si tratta di un dispositivo destinato ad *amplificare uniformemente tutte le frequenze* nella larghissima banda che va da 25 Hz a 4 MHz. Ricordiamo, a titolo di confronto, che la *banda di frequenza degli amplificatori acustici* corrispondenti alle esigenze più spinte arriva soltanto fino a 15 kHz. Teniamo inoltre presente che le esigenze nei riguardi dell'*assenza di distorsioni* sono assai severe per gli *amplificatori televisivi*, perchè il senso più importante dell'uomo è la vista.

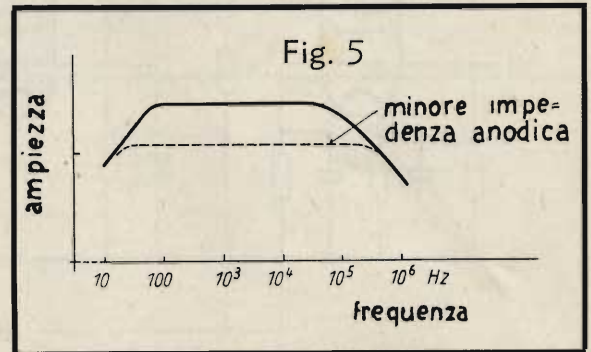
Dopo aver raccolto un'esperienza non disprezzabile con lo studio dei diversi schemi di apparecchi radio, vogliamo dare uno sguardo critico al nostro repertorio di *amplificatori*. Nella Dispensa N. 17 abbiamo conosciuto le diverse varianti possibili nella struttura degli *amplificatori*. L'*amplificatore con accoppiamento a resistenza*, che parrebbe di funzionamento sicuro, l'abbiamo già ritrovato nella Dispensa N. 20 come *amplificatore di deflessione* dell'*oscillografo a raggi catodici*. Gli *amplificatori a risonanza* e *a filtro di banda* non entrano in considerazione, non essendo adatti per le estesissime bande di frequenza della *televisione*. Invece, l'*amplificatore a impedenza* ci suggerisce un'ottima idea. È noto che la *reattanza* di una *bobina di impedenza* cresce con la frequenza. Inserendo una *bobina di impedenza* nel circuito anodico, provochiamo un'*esaltazione delle frequenze più elevate*. Anche l'*amplificatore con accoppiamento a trasformatore* non è indicato, poichè non è purtroppo possibile costruire dei trasformatori che trasferiscano uniformemente una banda di frequenza talmente estesa. E se anche fosse possibile, verrebbero a costar troppo.

Torniamo così, per forza, all'*amplificatore a resistenza.*

Se pensiamo che la *resistenza ohmica* è indipendente dalla *frequenza*, dobbiamo concludere che essa è, senza dubbio, l'elemento più adeguato e, nello stesso tempo, più economico per l'*accoppiamento degli amplificatori a larga banda*. Purtroppo, però, non è possibile costruire un *amplificatore* usando per l'accoppiamento tra le valvole soltanto delle *resistenze*, a meno di usare delle sorgenti di tensione separate per ciascuna valvola. Normalmente l'accoppiamento non può essere realizzato che con l'aiuto di *condensatori*, che trattengano la *tensione continua*. È ovvio, pertanto, che i *condensatori* collegati assieme alle *resistenze* presentino una dipendenza dalla frequenza, che limita l'estensione della *banda passante*.

Un breve esame critico dell'*amplificatore semplice a resistenza con accoppiamento a condensatore* servirà a scoprire i limiti che si pongono per il suo impiego. Dato che le frequenze occorrenti per la televisione vanno da 25 Hz fino a parecchi MHz, dobbiamo esaminare l'effetto dei vari *condensatori* indicati nella fig. 4. I *condensatori d'accoppiamento* C_{k1} e C_{k2} devono essere dimensionati in modo da provocare soltanto una *piccola caduta di tensione alternata* per tutto il campo di frequenza che interessa. Analogamente bisogna scegliere per C_{g2} e per C_k dei valori tali, da *evitare le controreazioni*: in altre parole, essi devono presentare la *reattanza più bassa possibile* nei confronti di R_S e di R_K. Non è però possibile fare i *condensatori* grandi a piacimento,

e perciò le *frequenze basse* sono, in definitiva, sempre *in svantaggio*: i *condensatori d'accoppiamento* non le lasciano passare senza attenuazione, e soprattutto il condensatore C_k provoca una *controreazione* per le basse frequenze, che ne riduce sensibilmente l'amplificazione. Da quanto precede parrebbe che il punto difficile dell'*amplificatore a resistenza* fosse unicamente il *campo delle frequenze basse*, perchè, *aumentando la frequenza*, i *condensatori* citati adempiono sempre meglio alla loro funzione. Usando dei *condensatori ad avvolgimento anti-induttivo*, l'effetto dev'essere ottimo anche fino alle frequenze di alcuni MHz.

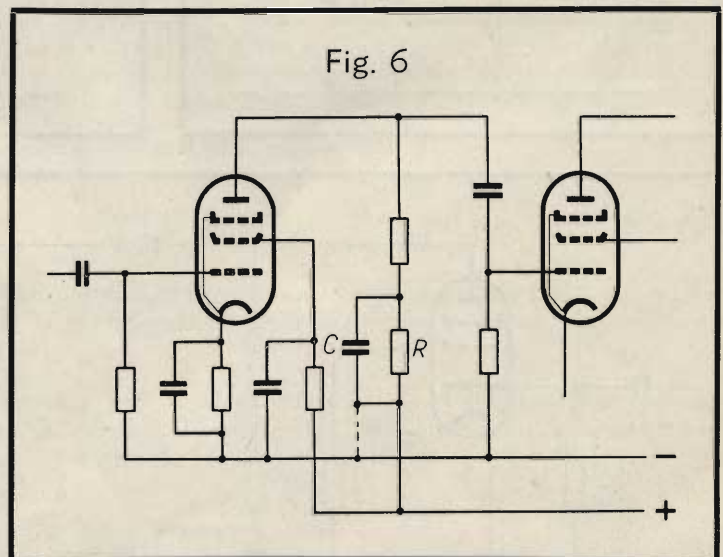
Fino a questo punto tutto sarebbe molto facile; purtroppo nella fig. 4 abbiamo però omesso alcune *capacità parassite* che sono assai fastidiose. Voi sapete che gli elettrodi delle valvole presentano delle *capacità* mutue molto piccole, che però aumentano d'importanza col crescere della frequenza.

Si aggiungono a queste le *capacità dei collegamenti*. Com'è stato spiegato più sopra, le *capacità d'accoppiamento* possono essere considerate, alle alte frequenze, come dei *corticircuiti*. Per l'*AF*, le *capacità parassite* risultano quindi in parallelo alle *resistenze di griglia e di placca*. Per questa ragione, benchè alle frequenze molto elevate l'accoppiamento divenga sempre migliore, diminuisce tuttavia l'*amplificazione*. L'andamento dell'amplificazione in funzione della frequenza, per un *amplificatore ad accoppiamento resistenza-capacità*, è indicato dalla fig. 5. Osservate la scala logaritmica della frequenza.

Da questa curva si deduce che si può contare con una buona e uniforme riproduzione soltanto in un *campo intermedio di frequenza*, sufficiente per l'*amplificatore della BF per il suono*. È invece possibile ottenere un andamento più uniforme, se si rinuncia ad una forte amplificazione per ciascuno stadio e si lavora con *resistenze anodiche* basse, attorno al migliaio di ohm. A ciò avevamo già accennato nella Dispensa N. 20: la curva a trattini della fig. 5 ne dà la dimostrazione. Ma questo rimedio non può essere spinto troppo, ed è d'altronde applicabile solo quando si dispone di *valvole ad alta pendenza*. Rammentiamo infatti che l'*amplificazione* dipende dalla *pendenza dinamica* e dall'*impedenza anodica*. Non rimane quindi altro rimedio che quello di *migliorare l'andamento dell'amplificatore alle estremità del campo d'impiego*, adottando degli speciali artifici. Fortunatamente i campi insufficienti sono talmente distanti tra loro, da potersi *curare* separatamente. I provvedimenti che si adottano per migliorare l'*amplificatore* alle *basse frequenze*, non disturbano alle *frequenze alte*, e viceversa. Anche il *campo medio* non subisce inconvenienti, per la qual cosa si riesce effettivamente a ottenere una *caratteristica di frequenza perfettamente soddisfacente, fissando l'amplificazione a 20 volte per stadio*.

La compensazione alle frequenze basse

Abbiamo detto poco sopra che non è possibile aumentare a piacimento la capacità dei *condensatori*. Le *grandi capacità* comportano delle *insufficienti resistenze d'isolamento*; inoltre si possono manifestare con facilità delle *oscillazioni a rilassamento*, causa di sensibili disturbi. Infine, e questo è l'effetto più sgradevole, *aumentando la grandezza dei condensatori, aumentano altresì le capacità disperse verso terra o massa, le quali disturbano soprattutto alle frequenze elevate*.

Tutto questo si evita col dispositivo della fig. 6. L'unica differenza, rispetto allo schema della fig. 4, è rappresentata dal complesso *R-C*, che abbiamo già incontrato in qualche schema di *ricevitore radio*, veramente però soltanto negli stadi di *MF*.

Anche qui il dispositivo serve, tra l'altro, a *ridurre l'accoppiamento tra i diversi stadi*, per evitare eventuali oscillazioni parassite, ma questo non è il suo scopo principale. Si sfrutta piuttosto il fatto che il *condensatore C* ha un'elevata *reattanza* alle basse frequenze, mentre alle frequenze alte finisce per costituire un cortocircuito della *resistenza R*. Di conseguenza l'*impedenza anodica* risulta maggiore alle basse frequenze, e quindi maggiore anche l'*amplificazione*. Quanto è guastato dal *condensatore di accoppiamento*, va rimediato dal *complesso di compensazione* costituito da *R* e *C*. A questo modo si elimina in misura quasi totale la *diminuzione dell'amplificazione alle basse frequenze*, senza riguardo alla causa che possa aver provocato tale diminuzione ed al punto dello schema ove essa avviene.

La compensazione alle frequenze alte

Il principio che consente di effettuare la *compensazione alle frequenze alte* consiste nell'inserire in modo abile

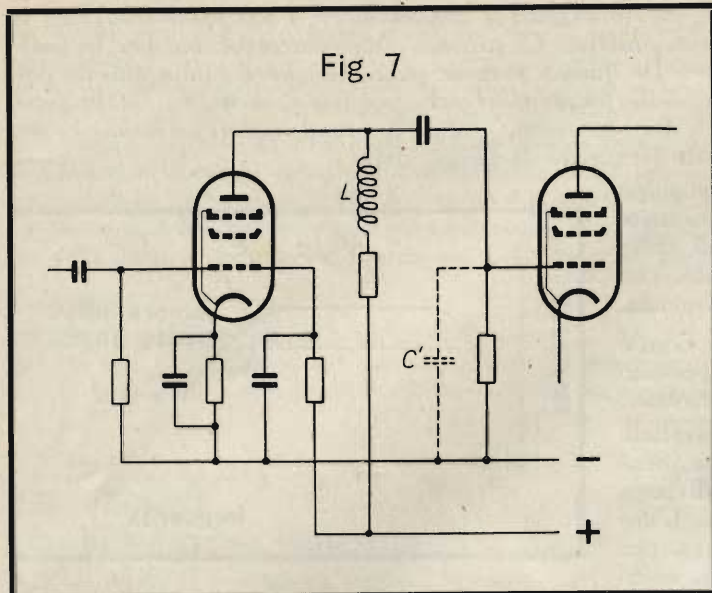



Fig. 7

delle *induttanze* per aumentare l'*impedenza anodica utile*. Nel caso più semplice si mette *una bobina in serie alla resistenza anodica*, com'è mostrato nella fig. 7. L'effetto della *bobina L* è facile da interpretare, se si pensa a un fenomeno di *risonanza*. La *capacità parassita C'* viene resa innocua dalla bobina *L*. Consideriamo il *circuito di risonanza L-C'*: vediamo che la *resistenza anodica* della *prima valvola* e la *resistenza di griglia* della *seconda valvola* peggiorano notevolmente la qualità del *circuito di risonanza*. Conformemente ai ragionamenti esposti in precedenza, l'estensione della *banda passante* aumenta notevolmente, cosicchè scegliendo adeguatamente la *frequenza di risonanza*, si riesce ad *evitare la diminuzione della amplificazione all'estremità superiore della banda di televisione, o per lo meno a spostarla verso frequenze più elevate.*

Un altro sistema di *compensazione* consiste *nell'accoppiare gli stadi mediante un organo dipendente dalla frequenza*. A questo scopo si pongono in serie al *condensatore d'accoppiamento* una *resistenza ohmica elevata* ed una *bobina*, collegate in parallelo tra loro. Le *frequenze basse* non subiscono alcun influsso, perchè la piccola *induttanza* non presenta alcuna *reattanza* sensibile. Nel campo delle *frequenze medie* può intervenire talvolta una leggera diminuzione dell'accoppiamento, causata dalla crescente *impedenza*. Alle *frequenze più elevate* entra in giuoco l'effetto della capacità parassita *C'* (fig. 8). La *compensazione* si realizza sfruttando la risonanza in serie della *bobina L* con la capacità *C'*; bisogna però che la *frequenza di risonanza* sia notevolmente più elevata della *massima frequenza* della *banda televisiva*, altrimenti avviene l'inconveniente inverso, cioè un'*eccessiva amplificazione alla frequenza di risonanza*. In questo campo di frequenza il *condensatore d'accoppiamento* C_{k2} non costituisce altro che un *cortocircuito*; esso serve unicamente *per separare la tensione continua*.

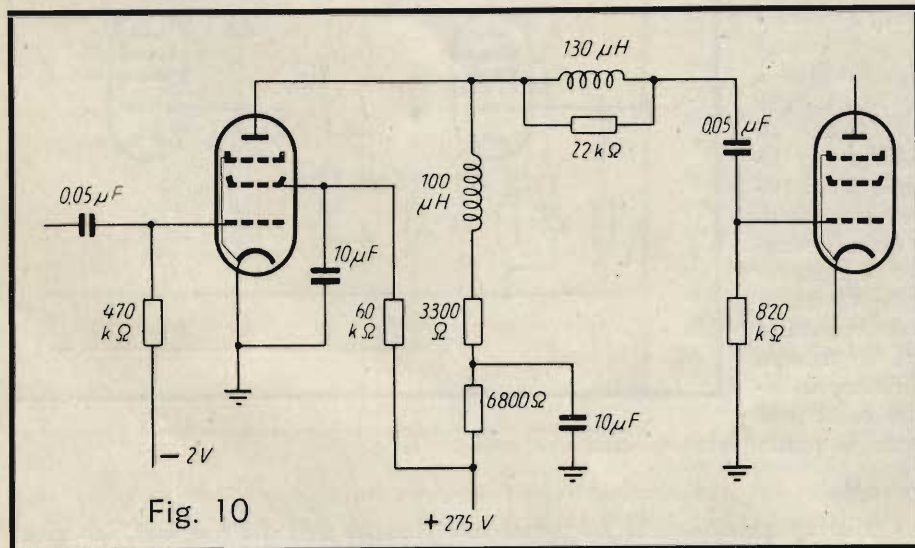
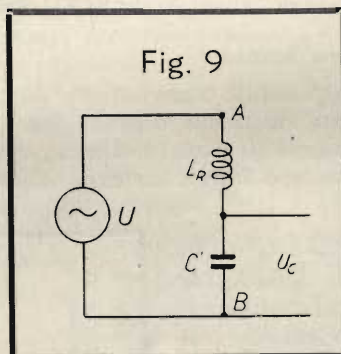
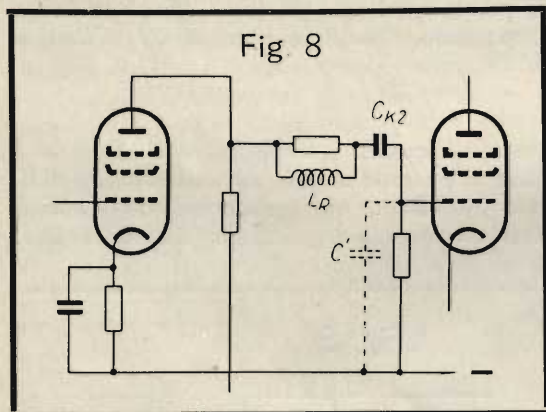
Fig 8

Forse voi sarete un po' scettico a proposito dell'efficacia del *circuito risonante* in serie; esamineremo perciò la questione con maggiore attenzione, servendoci della fig. 9. È noto che la *bobina* ed il *condensatore* sono delle *reattanze che si compensano a vicenda*. Alla *frequenza di risonanza* le due *reattanze* presentano *lo stesso valore* e si annullano quindi completamente. Se non ci fossero le perdite di energia, la combinazione L_R-C' non presenterebbe alcuna *impedenza*, alla *frequenza di risonanza*, rappresentando quindi un cortocircuito tra i punti *A* e *B*. La tensione applicata riesce allora a far passare attraverso ad L_R e C' una *corrente relativamente intensa*.

Fig. 9

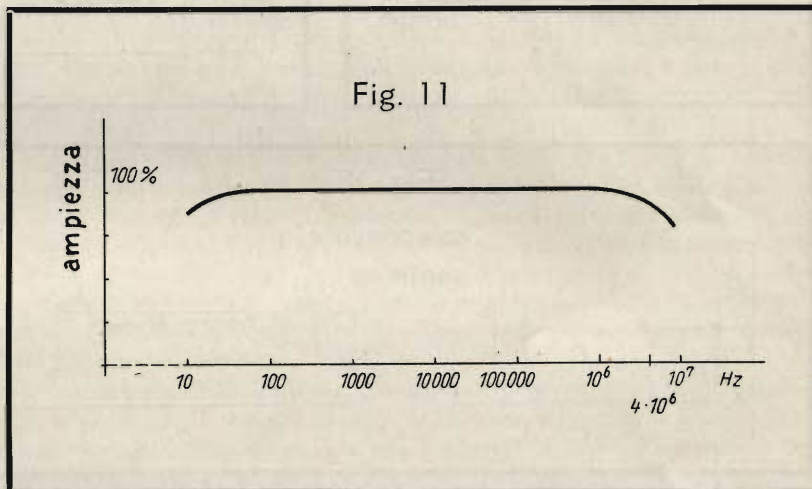
Viene quindi la seconda parte. Il *condensatore* presenta una *reattanza* $\frac{1}{\omega C}$, che dipende dalla *frequenza*. In questa *reattanza* la corrente intensa che attraversa il *circuito risonante* in serie produce una notevole *caduta di tensione*. È quindi senz'altro possibile che la *tensione* V_c sia maggiore della *tensione applicata V*. A questo modo si ottiene la *compensazione* desiderata.

Per terminare queste considerazioni vi mostreremo nella fig. 10 uno schema, con l'indicazione dei

Fig. 10

valori usati, che vi servirà come esempio per conoscere l'ordine di grandezza degli elementi impiegati negli *Amplificatori Video.*

Avrete subito notato che è prevista la *compensazione* tanto per le basse che per le alte frequenze. Per compensare la perdita d'amplificazione dovuta alla riduzione della tensione nel *partitore*, costituito dal *condensatore d'accoppiamento* da 0,05 μF e dalla *resistenza di griglia* da 820 kΩ, sono sufficienti la *resistenza* da 6800 ohm ed il *condensatore* da 10 μF. C'è poi un *secondo condensatore* da 10 μF, inserito tra il *catodo* e la *griglia-schermo*, il quale, assieme alla *resistenza* relativamente elevata di 60 kΩ, preclude la formazione di una *tensione alternata* sulla *griglia-schermo* anche alle frequenze assai basse.

La *compensazione alle frequenze elevate* richiede invece una maggiore complicazione. Essa è realizzata, da una parte, mediante la *bobina* da 100 μH in serie con la *resistenza anodica* da 3 300 ohm, che produce un aumento d'amplificazione alle tensioni più alte. Inoltre, prima del *condensatore d'accoppiamento*, c'è una *bobina di compensazione* da 130 μH. La *resistenza* in parallelo da 22 kΩ serve ad appiattire la *caratteristica di risonanza* del circuito in serie.

Il risultato di questo schema è visibile nella curva della fig. 11. L'amplificazione diminuisce un poco al limite superiore della banda televisiva, ma l'effetto essenziale è ottenuto.

C'è poi un altro risultato, che si riesce a realizzare con i mezzi usati per la *compensazione*. Proprio ai limiti della banda trasmessa si presentano delle *distorsioni di fase* che, come abbiamo detto, disturbano molto nella *televisione*. Oltre ad effettuare la *compensazione d'amplificazione*, i mezzi adottati producono anche una certa *compensazione di fase*. Questi provvedimenti consentono di impiegare una *resistenza anodica* due o tre volte maggiore di quella che si potrebbe usare in un puro *amplificatore a resistenza-capacità*, ottenendo così un'*amplificazione doppia o tripla*.

Naturalmente è sempre indispensabile l'impiego di *valvole ad alta pendenza*, perchè, date le relativamente piccole *impedenze anodiche*, si otterrebbe altrimenti un'*amplificazione insufficiente*.

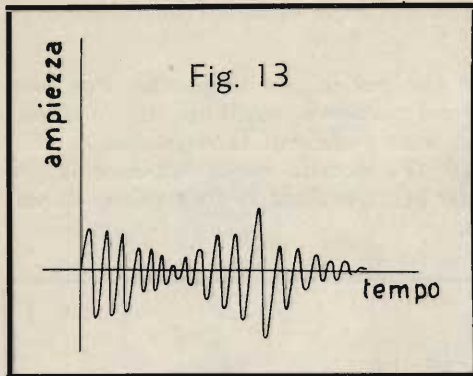
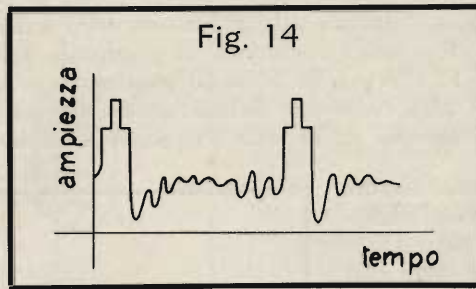
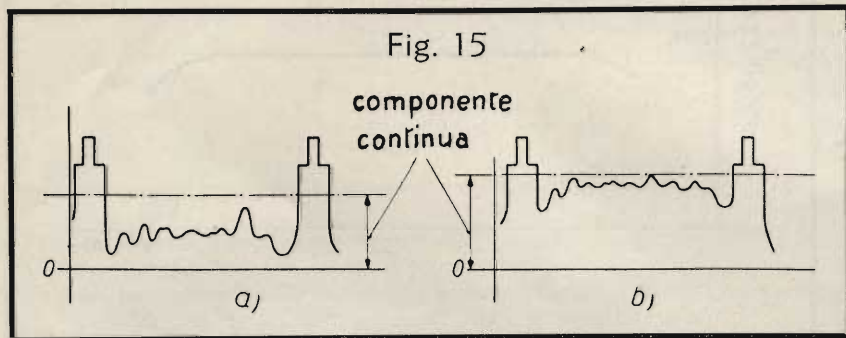
Un'altra possibilità di *compensazione*, che però può essere sfruttata solo disponendo di *valvole ad altissima pendenza*, consiste nell'adottare una *controreazione dipendente dalla frequenza*, come è rappresentato nella fig. 12. In parallelo alla normale *resistenza catodica*, da circa 500 ohm, viene collegato un *condensatore* da circa 400 pF. È ovvio che la *controreazione* debba provocare allora una notevole *diminuzione dell'amplificazione alle frequenze basse*. Calcoliamo a quale frequenza il *condensatore* della fig. 12 presenta una *reattanza* uguale alla *resistenza catodica*. Dobbiamo avere: $500 = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot 400 \cdot 10^{-12}}$

Trasformando la formula otteniamo: $f = \frac{10^{12}}{2\pi \cdot 500 \cdot 400} = \frac{10^7}{4\pi} = 795\,800 \text{ Hz} = 795{,}8 \; khz.$

Dal calcolo risulta che il *condensatore* diventa efficace nel *campo superiore di frequenza* della fig. 5, dove l'amplificazione comincerebbe a diminuire; eliminando la *controreazione della resistenza catodica*, esso compensa l'andamento di *frequenza*.

Con ciò avete conosciuto i più importanti schemi e artifici per la *compensazione di frequenza degli amplificatori a larga banda*. Spesso si impiegano contemporaneamente i diversi mezzi, per ottenere l'andamento uniforme della fig. 11, mantenendo, nello stesso tempo, assai piccole le *distorsioni di fase*.

L'applicazione della componente continua

La *modulazione a frequenza acustica* è costituita da *oscillazioni alternate pure*; in altre parole, *la corrente e la tensione invertono continuamente la propria direzione* (fig. 13). L'inoltro delle oscillazioni mediante *condensatori* e *bobine* può introdurre certe *distorsioni lineari*, ma ciò non cambia nulla nel fatto che si tratti sempre di una sovrapposizione di *oscillazioni alternate*. Il *segnale di televisione* è costituito invece da una *tensione con-*

tinua pulsante (fig. 14). Con l'aiuto delle fig. 15 *a* e *b* studieremo l'effetto della *componente continua*. La *tensione d'interdizione* e gli *impulsi di sincronismo* sono identici in entrambe le figure; anche le *tensioni di modulazione* sono uguali. La differenza consiste nel *livello fondamentale*, cioè nella *componente continua* dalla quale partono le pulsazioni.

Da quanto abbiamo spiegato in merito alla *fase negativa d'immagine, i punti più chiari dell'immagine corrispondono alle tensioni più basse.* L'immagine corrispondente alla fig. 15-*a* risulta quindi molto più luminosa di quella della fig. 15-*b*. Le *variazioni della luminosità* sono uguali in entrambi i casi, ma sono sovrapposte ad un fondo diverso. Dobbiamo quindi ricordare la seguente importante circostanza:

La componente continua del segnale d'immagine contraddistingue la luminosità di fondo.

Riconoscerete che questa constatazione è molto interessante, ma vi chiederete che cosa essa abbia a che vedere con l'*amplificazione Video*. Ecco, si tratta di questo: noi abbiamo descritto per l'appunto l'*amplificatore a resistenza*, nel quale l'accoppiamento da uno stadio all'altro si effettua attraverso ad un *condensatore*. Ma purtroppo *i condensatori sopprimono la componente continua*, per la qual *cosa*, dopo il *condensatore d'accoppiamento*, e naturalmente anche dopo l'attraversamento di tutti gli stadi dell'*amplificatore*, il *segnale di immagine* (fig. 15) diventa un *segnale alternato* (fig. 16). *La caratteristica dei segnali alternati puri, cioè privi di componente continua, è che le aree situate sopra l'asse orizzontale devono essere di superficie uguale alle aree situate sotto l'asse.* La separazione della *tensione continua* ha cambiato completamente le cose. Il *livello d'interdizione* è stato modificato Come risulta dal confronto tra la fig. 15 e la fig. 16, *una linea a sfondo scuro presenta, per i segnali di interdizione e di sincronismo, dei salti di tensione molto minori che non una linea a sfondo chiaro.* Ora comprenderete che, se si vuole ottenere la *riproduzione esatta dello sfondo*, il *segnale d'immagine* non può esser applicato al *tubo televisivo* nella forma della fig. 16. Per ottenere una *riproduzione fedele dell'immagine* bisogna aggiungere la *componente continua*.

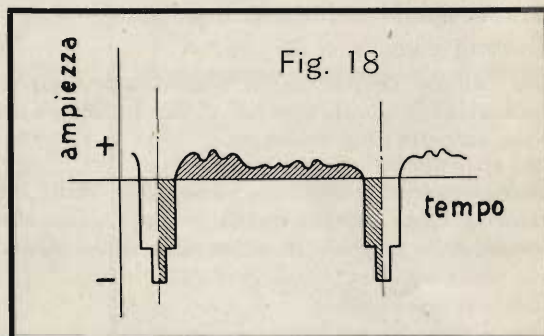
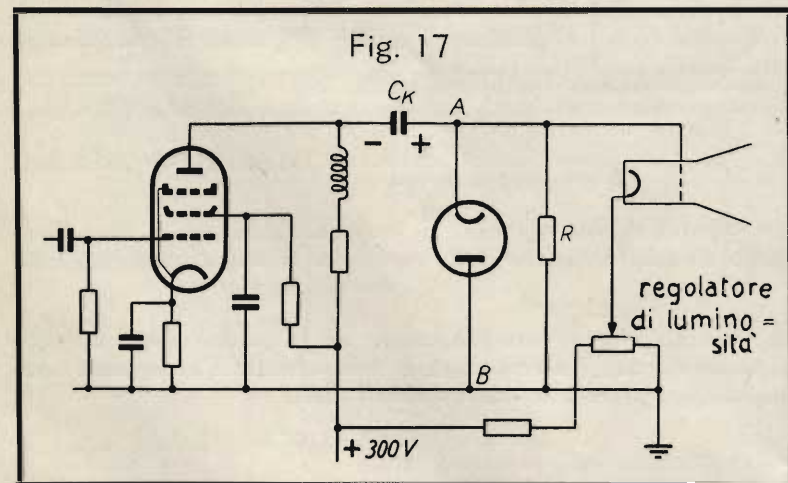



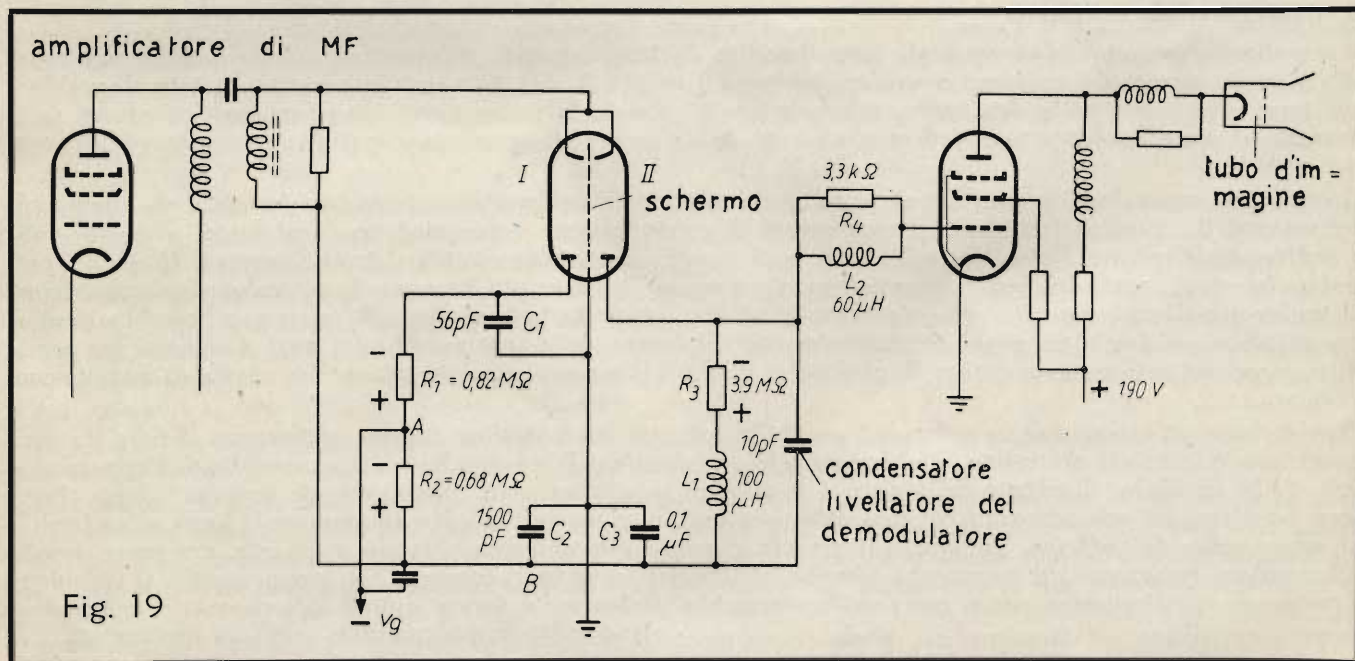
Fig. 17

La fig. 17 mostra uno schema usato per aggiungere la *tensione* mediante un *diodo*. Nella tensione anodica del *pentodo amplificatore* il *segnale d'immagine* è contenuto nella *fase positiva* (fig. 18); anche dopo il *condensa-*

tore C_k, esso si presenta sotto questa forma. Il *diodo* conduce corrente non appena l'*anodo* è positivo rispetto al *catodo*, cioè quando *A* è negativo rispetto a *B*. Di conseguenza il condensatore C_k si carica fino al valore di punta della *tensione alternata*. Dato l'elevato valore della resistenza *R*, il condensatore C_k non fa in tempo a scaricarsi nel periodo che passa tra un impulso di sincronismo e l'altro. La *tensione continua*, alla quale rimane caricato il *condensatore*, equivale all'*ampiezza degli impulsi di sincronismo*. Questa dipende però, come risulta dalla fig. 18, dalla *luminosità dell'immagine* (*fondo chiaro — impulsi alti; fondo scuro — impulsi bassi*). Ai capi della resistenza *R* si trova quindi la tensione continua del *segnale d'immagine*, la quale varia con la luminosità del fondo. Il condensatore d'accoppiamento C_k porta però il *segnale d'immagine* anche nella sua forma di *tensione alternata* (fig. 18). Dalla sovrapposizione delle due componenti si ottiene nel *cilindro di Wehnelt* il giusto *segnale d'immagine*, senza alcuna tensione anodica continua, che potrebbe disturbare. Col *regolatore manuale di luminosità* bisogna però applicare al catodo del tubo televisivo la giusta tensione, affinchè gli *impulsi di interdizione* sopprimano il raggio elettronico esattamente nell'*intervallo di ritorno*, e non si presenti, d'altra parte, qualche punta di tensione capace di bloccare il *tubo di Braun* nei punti più oscuri dell'immagine.

Un'altra interessante soluzione del problema è rappresentata dallo schema applicato dalla Philips. Facendo uso delle nuove *valvole finali a fortissima pendenza* (per esempio la PL83, si veda il Capitolo sulle *valvole per la televisione*), questo schema richiede una sola *Amplificatrice Video*. L'aggiunta della *componente continua* rimane allora semplificata. Se per esempio la *griglia* della *Valvola Video* viene accoppiata galvanicamente, cioè senza condensatore intermediario, con la *resistenza rivelatrice* ,cioè la *resistenza di carico del raddrizzatore demodulatore*), diventa inutile l'applicazione della *componente continua*, perchè essa è già contenuta nella predetta *resistenza*. Naturalmente anche l'anodo della *Valvola Video* deve essere accoppiato galvanicamente col *tubo televisivo*. Nella fig. 19 si vede uno schema di questo genere.

L'ultima *valvola amplificatrice di MF*, indicata a sinistra nello schema, trasmette, attraverso gli appositi elementi di accoppiamento, la *MF* al *catodo* della *valvola rivelatrice*. La demodulazione del *segnale d'immagine* avviene nel sistema II del *doppio diodo*. Nel *canale della demodulazione* sono inserite le note *resistenze* e *bobine per la compensazione*. Nel *circuito di demodulazione* il segnale si presenta nella *fase positiva*, poichè è utilizzata la *semionda negativa della MF*. A questo proposito si tenga presente che, *con modulazione positiva dell'AF ed accoppiamento all'anodo del diodo*, si ottiene la *fase positiva*. Invece *con modulazione negativa e accoppiamento sempre all'anodo del diodo*, si ottiene la *fase negativa*. Nel nostro caso invece (*modulazione negativa e accoppiamento al catodo del diodo*, per cui si ha passaggio di corrente soltanto durante le *semionde negative*) si ottiene la *fase positiva* richiesta. Lo stesso effetto si otterrebbe applicando la *fase positiva* al *cilindro di Wehnelt*. Il genere di demodulazione è prescritto da due circostanze: dal *punto del tubo d'immagine*, al quale si applica il segnale, e dal *numero di valvole* dell'*Amplificatore Video*. Dalle spiegazioni che abbiamo a suo tempo fornito sulle *valvole amplificatrici*, voi sapete che, quando la *griglia* diventa *più positiva*, la *tensione anodica diminuisce* e quindi la *placca diventa meno positiva*. Mentre negli *amplificatori acustici* il

Fig. 19

fatto che le tensioni alternate di *griglia* e di *placca* siano in opposizione di fase, è senza alcuna importanza, nell'*amplificatore televisivo* bisogna invece tener presente che:

Ogni stadio amplificatore trasforma la fase del segnale d'immagine da positiva in negativa, e viceversa.

Dopo questa faccenda dell'*inversione di fase*, vogliamo accennare al compito del *diodo* I. Seguendo il circuito della corrente attraverso ai *due diodi*, si constata che le *tensioni continue*, agenti ai capi delle *resistenze* R_2 ed

R_3, sono in *opposizione*. La *componente continua* che si forma nella resistenza R_3, quando arriva un *segnale di immagine*, viene compensata dalla *caduta di tensione* della corrente del *diodo* I nella resistenza R_2. L'effetto di questo provvedimento è che tutti i *segnali d'immagine*, forti e deboli, si manifestano a partire dal medesimo *livello d'interdizione*, cosicchè *la luminosità dell'immagine rimane costante*, anche se la *tensione d'ingresso* oscilla, senza che occorra procedere ad una continua e fastidiosa messa a punto della luminosità.

Ancora una piccola osservazione sullo schema della fig. 19. Vi parrà strano che il punto *B* del circuito sia collegato con la terra mediante due *condensatori* C_2 e C_3 inseriti in parallelo, di cui uno assai più grande dell'altro; penserete certamente che il condensatore da 1500 pF è superfluo. Bisogna però tener presente che i condensatori di capacità relativamente grande (come C_3 = 0,1 μF) posseggono tutti una certa *induttanza*, che diventa preponderante alle *frequenze molto alte*. Per queste frequenze è però sufficiente una *capacità molto piccola*, ma, in compenso, *priva di induttanza*. Prevedendo due condensatori C_2 e C_3 si tiene conto perciò delle esigenze pratiche dettate dall'estrema larghezza della banda di frequenza del *segnale d'immagine*.

La separazione degli *impulsi di sincronismo*, da inviare rispettivamente agli *oscillatori a rilassamento* per la *deflessione di linea* e *di immagine*, è già stata descritta. Quest'operazione avviene, naturalmente, dopo l'*Amplificatore Video*. Voi siete ora in grado di comprendere gli elementi essenziali di un *ricevitore televisivo*. Per terminare tratteremo ancora brevemente della parte più visibile, il *tubo d'immagine*.

Domande

1. A quali cause è dovuta la diminuzione dell'amplificazione alle frequenze molto basse e molto alte negli amplificatori televisivi?
2. Quale genere di compensazione dell'amplificazione si può eseguire con l'aiuto di bobine?
3. Perchè, quando si applica la controreazione, per ottenere la compensazione dell'amplificazione, si mette in parallelo alla resistenza catodica un condensatore relativamente piccolo?
4. Perchè negli Amplificatori Video a più stadi è necessario aggiungere la componente continua?
5. Che cosa avviene della fase dell'immagine in uno stadio amplificatore con accoppiamento sul catodo?
6. Da che cosa dipende la fase che deve presentarsi nel circuito anodico dell'amplificatrice finale d'immagine?

Risposte alle domande di pag. 4

1. Si distinguono due specie di distorsioni: quelle lineari e quelle non lineari.
2. Le distorsioni non lineari dipendono essenzialmente dal punto di lavoro delle valvole impiegate e dal valore delle tensioni alternate di griglia.
3. Il fattore di distorsione può essere calcolato tanto mediante le ampiezze, quanto mediante i valori efficaci.

TELEFONIA

IL CENTRALINO INTERNO

Il semplice *apparecchio d'utente* è già stato descritto da lungo tempo; nel *selettore di linea* avete poi conosciuto un precursore del moderno *centralino interno* (Dispensa N. 11). Certamente conoscete questo dispositivo, che forse è installato nella ditta stessa presso la quale prestate la vostra opera. Vogliamo ora esaminare rapidamente il *centralino interno* e vedere quali sono le differenze che presenta rispetto ad una *centrale automatica pubblica*.

Il *centralino automatico interno* serve anzitutto a consentire il *collegamento reciproco fra tutti gli apparecchi telefonici della ditta*. Naturalmente i suoi organi di commutazione corrispondono largamente a quelli delle grandi centrali urbane. Dato il piccolo numero di utenti, sono molto adatti i *sistemi Siemens* e *Hasler*. Il *centralino interno* è, naturalmente, sempre collegato per mezzo di una o più linee con la *centrale urbana* più vicina. Il traffico tra il *centralino interno* e la *centrale urbana* comporta la formazione di interessanti combinazioni di circuiti. Sarebbe senz'altro possibile incaricare una telefonista dello smistamento del *traffico esterno*, ma per le ditte piccole questo sistema è troppo oneroso e il *centralino completamente automatico* risulta di maggior convenienza.

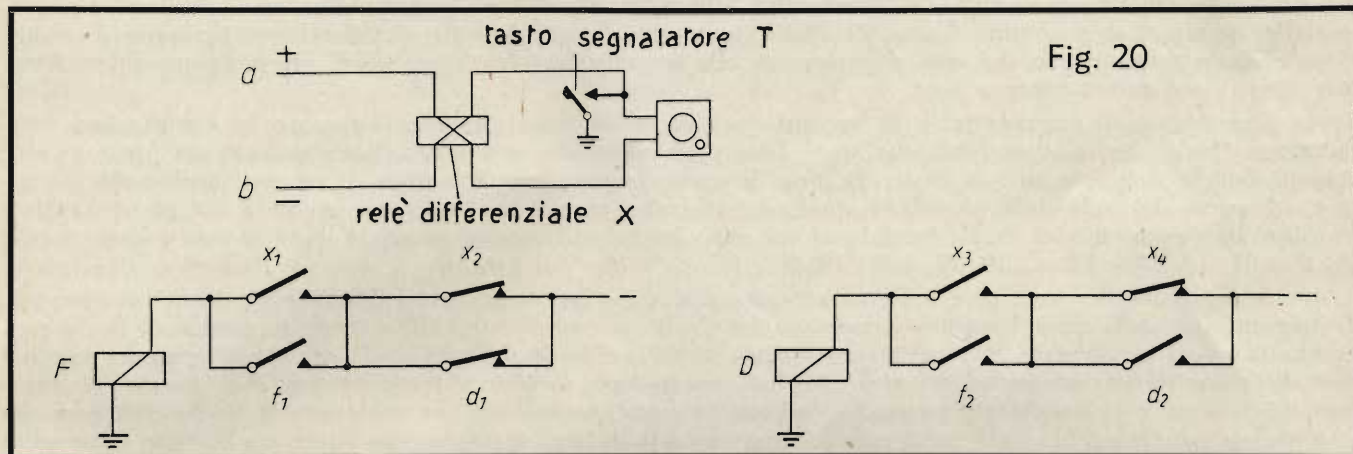
Consideriamo un esempio delle molteplici possibilità offerte dal *centralino interno automatico*. Una ditta artigiana, che possiede il centralino, è chiamata telefonicamente dall'esterno. Suona il campanello dell'apparecchio principale, in ufficio. Il gerente della ditta si trova però in officina e in ufficio non c'è nessuno. Dopo alcune scampanellate, dei *relè* contenuti nel centralino provvedono automaticamente a *commutare la linea*, allacciandola all'*apparecchio dell'officina*, dal quale il gerente risponde alla chiamata. Ma ciò non basta. Per poter dare le informazioni richiestegli, il gerente ha bisogno di interpellare il magazziniere. Egli preme perciò il cosiddetto « *tastino di segnalazione* », che si trova sull'apparecchio telefonico, e forma quindi il numero del magazzino. Dopo aver parlato col magazziniere, preme nuovamente il *tasto di segnalazione*, ripristinando il collegamento con l'esterno.

Vediamo un'ulteriore possibilità interessante. L'utente chiamante desidera parlare, per esempio, con la moglie del gerente. Quest'ultimo preme ancora brevemente il *tasto di segnalazione*, formando quindi il *numero interno della propria abitazione*. Ottenuta la risposta dalla moglie, il gerente la prega di premere a sua volta il tasto, mentre egli appende il ricevitore. Con ciò il collegamento esterno è stato commutato dall'officina all'abitazione, e da questa la conversazione procede nel solito modo. Terminato il colloquio, entrambi gli utenti appendono il ricevitore e tutto ritorna nelle condizioni primitive. Questo esempio vi mostra a quali servizi deve potersi prestare un *centralino interno*, in modo da realizzare un sistema di traffico che faccia risparmiare tempo.

Il tasto di segnalazione

Poichè il *tasto di segnalazione* si ritrova in tutti i sistemi, vi spiegheremo dapprima in che modo esso agisca sui diversi *relè* di commutazione. Il funzionamento può essere seguito molto bene con l'ausilio dello schema della fig. 20; in seguito considereremo un impianto completo.

Occorre anzitutto un accenno sulla rappresentazione schematica dei ***relè***. **Per non dover tracciare troppe linee di collegamento, che renderebbero lo schema poco chiaro, si disegnano i *contatti dei relè* separati dalle relative** *bobine*. Queste sono inserite nei loro circuiti, mentre i *contatti* si disegnano nei *punti di commutazione*. I *contatti appartenenti ad un dato relè* si distinguono perchè sono contrassegnati *con la medesima lettera*. Così, per esempio, *d* è un *contatto del relè D*, anche se le due parti sono disegnate in punti molto diversi dello schema. I *relè* sono distinti da *lettere maiuscole*, mentre i *contatti* portano delle *lettere minuscole*, seguite eventualmente da un *numero*, se i contatti dello stesso relè sono parecchi. Nella fig. 20 abbiamo dunque tre schemini, i quali sono stati disegnati separati per semplicità, ma che funzionano insieme.

Come vedete, il *tasto segnalatore T* non è, in fondo, che un *tasto per la messa a terra*.

Nella fig. 20 sono disegnati *tre relè*, e precisamente il *relè differenziale X*, inserito nella linea, e i *due relè F* e *D*. Il relè *X* possiede *due avvolgimenti in opposizione*, inseriti rispettivamente nei fili *a* e *b*. Normalmente il relè *X* non può quindi attrarre.

Nello schema è indicata la posizione iniziale, nella quale il *tasto di segnalazione* è aperto ed i relè *F* e *D* sono diseccitati. Il relè *X* invece è attraversato dalla *corrente di alimentazione* dell'*apparecchio d'utente*, ma poichè gli *avvolgimenti* sono *in opposizione*, i campi magnetici si annullano a vicenda e il relè resta nella *posizione di riposo*. Se ora premiamo il tasto *T*, uno dei due avvolgimenti viene collegato con la terra e rimane quindi cortocircuitato; di conseguenza uno dei due campi magnetici antagonisti scompare e rimane solo l'altro. Allora il *relè differenziale* attrae e *subito si commutano tutti i contatti x*. In serie al relè *F* si chiude x_1 e si apre x_2. Si forma quindi il seguente circuito: *terra - relè F - contatto di lavoro* x_1 *- contatto di riposo* d_1 *- batteria*. Il relè *F* rimane quindi eccitato e tutti i contatti *f* si commutano.

In un primo tempo il relè *D* rimane ancora privo di corrente, perchè, nell'istante in cui si chiude il *contatto di lavoro* x_3 si apre il *contatto di riposo* x_4, mentre d_2 è tuttora aperto. Anche il fatto che f_2 sia allacciato in parallelo a x_3 non cambia nulla di ciò. Nell'istante in cui viene abbandonato il *tasto di segnalazione*, il relè *X* si diseccita, per la qual cosa i contatti *x* ritornano nella posizione primitiva. Il relè *F* rimane però attratto, perchè x_1 è cortocircuitato da f_1 e x_2 richiude il circuito, prima che possa aprirsi d_1. La seconda commutazione dei contatti *x* ha formato però il circuito *terra - relè D -* f_2 *-* x_4 *- batteria*, per cui si eccita il relè *D* e si commutano i contatti *d*. Ciò non disturba comunque il relè *F*, poichè in parallelo al contatto d_1, ora aperto, c'è il contatto x_2 che mantiene chiuso il circuito.

Ora seguite ciò che avviene quando si preme per la seconda volta il *tasto di segnalazione*. Vedrete che, alla chiusura del tasto *T*, si diseccita il relè *F*, ed all'apertura, il relè *D*.

I due relè *F* e *D* sono dotati di *ulteriori contatti d'utilizzazione*, i quali consentono di effettuare le richieste commutazioni della *linea esterna* oppure dei *circuiti interni*. Nel prossimo paragrafo vi mostreremo lo schema completo di un impianto di questo genere e vi faremo vedere come la semplice manovra descritta più sopra consenta di *passare* una *comunicazione esterna* o di *interromperla*, per effettuare una *chiamata interna*.

La centralina interna automatica di Hasler

Come esempio di una *centralina interna* consideriamo un impianto della S.A. Hasler di Berna. Essa ha la potenzialità di 30 stazioni interne, con allacciamento a 5 linee esterne (tipo V/30). Pur trattandosi di un impianto piccolo, esso funziona mediante *comando indiretto* e con *cercatori di chiamata*. I *cercatori di chiamata* e *di linea* sono dei *selettori a 30 posti*, di costruzione simile al *cercatore Hasler a 100 posti*, già descritto. Avendo soltanto 30 attacchi, il movimento lineare o di sollevamento delle *spazzole* non è necessario; si tratta quindi di un *selettore* puramente *rotativo*.

Come nelle grandi Centrali Hasler, si impiegano *registratori* e *marcatori*. Siamo ormai abituati a trarre delle deduzioni dai numeri telefonici degli utenti (naturalmente quelli interni). Si tratta naturalmente sempre di

numeri decadici. Sono utilizzate le *prime tre decadi*, e quindi gli utenti portano i numeri 11, 12, 13... 18, 19, 10, 21, 22... 29, 20, 31... 39, 30. Con 30 utenti bastano generalmente 3 o 4 complessi di collegamento, perchè è difficile che più di 8 utenti vogliano comunicare nel medesimo tempo. Le parti essenziali di questi complessi sono, per ciascuno, un *cercatore di chiamata* e un *cercatore di linea*, di costruzione analoga, nonchè i necessari *relè*. Non occorrendo, naturalmente, *cercatori di gruppo*, ogni coppia di *cercatori di chiamata* e *di linea* costituisce un'unità a sè. Lo schema è fatto in modo che, quando un utente qualsiasi solleva il microtelefono per chiedere una comunicazione, venga occupato sempre *il complesso di cercatori successivo*. Se, per esempio, la conversazione precedente si è svolta attraverso al complesso numero 2, la prossima avviene tramite il complesso numero 3, senza riguardo al fatto che i complessi numero 1 e 2 siano liberi oppure occupati. È chiaro che questo sistema consente un impiego uniforme dei *selettori* e dei *relè*, evitando l'usura maggiore dei primi complessi, che si verifica invece con altri sistemi.

Volendo realizzare un collegamento interno, l'utente solleva il ricevitore; subito il *cercatore di chiamata* che è di turno individua l'utente chiamante e gli trasmette il *segnale di centrale*. Poichè i *cercatori di linea* sono dei semplici *selettori rotativi*, benchè a 30 passi, è necessario compiere la *registrazione* degli *impulsi di selezione*, come abbiamo già detto. La prima serie d'impulsi va a finire al *commutatore a 10 posti del registratore*. Per esempio, se si chiama il numero 23, il *commutatore* si dispone dapprima sul secondo posto. Pertanto viene eccitato soltanto uno dei *relè* appartenenti alla seconda decade; dopodichè il *commutatore del registratore* ritorna automaticamente a zero.

Sopravviene quindi la seconda serie di impulsi (nel nostro esempio, 3), la quale comanda il medesimo *commutatore*. Però, oltre alla *registrazione*, esso deve provvedere alla *marcatura*. Servono a questa funzione *due speciali banchi* del *cercatore di linea*. In una di queste corone supplementari di *contatti* avviene la *marcatura* ad opera dei *relè delle decadi*, i quali determinano quindi se il numero cercato è compreso tra 10 e 19, 20 e 29 oppure 30 e 39. Nella seconda corona sono invece collegate in parallelo le *unità equivalenti*, quindi 11, 21 e 31; 12, 22, e 32; ... 19, 29, e 39; 10, 20 e 30.

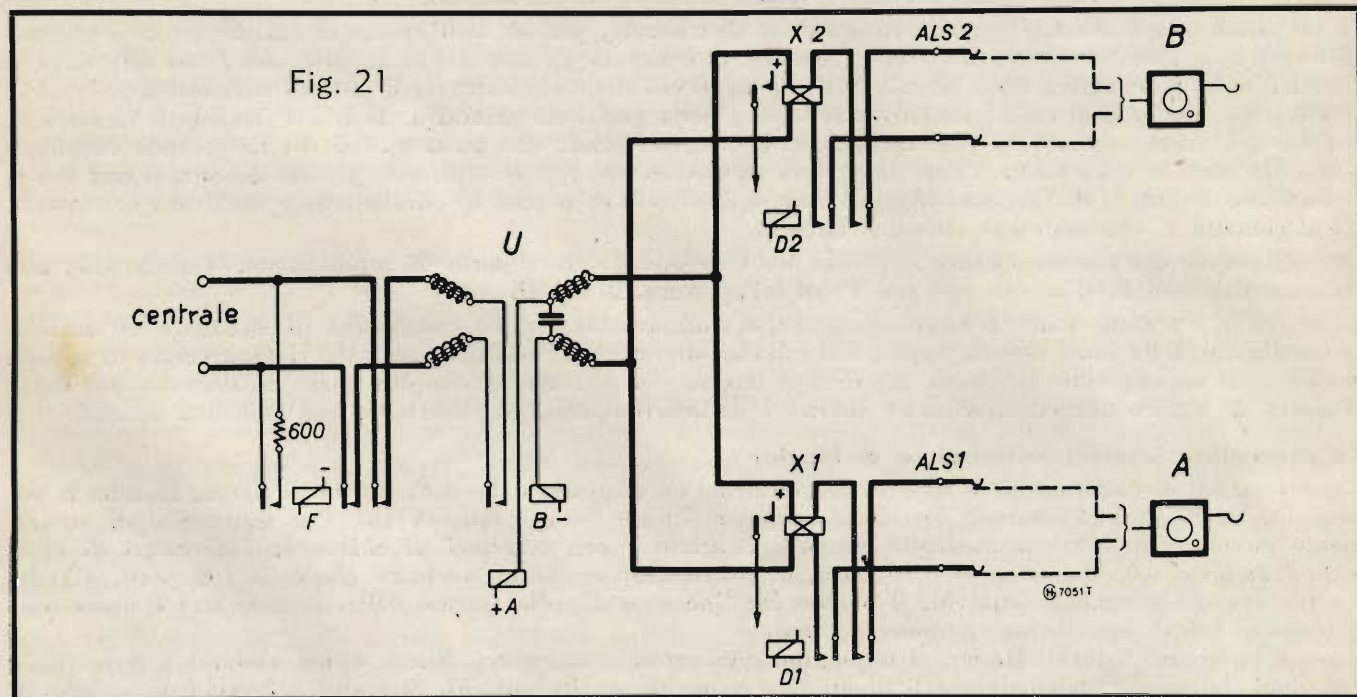
A questo modo il *relè decadico* ed il *commutatore* realizzano la *marcatura* del *CL* senza possibilità di equivoci. Terminata la seconda serie d'impulsi il *magnete* del *CL* viene eccitato ed il *CL* si mette in rotazione, finchè raggiunge la posizione marcata. Un particolare vantaggio della *marcatura* risiede nel fatto che il *cercatore rotativo* non abbisogna di una *posizione di zero*; e quindi non occorre un *dispositivo di ritorno e di sgancio*. Il *cercatore* inizia sempre il movimento partendo dall'ultima posizione assunta; sovente esso non ha da effettuare che una piccola rotazione. Si ottiene così non soltanto rapidità di funzionamento, ma altresì un limitato logorio del materiale. Non c'è da temere, d'altra parte, alcun disturbo dell'utente, sul cui attacco il *cercatore* si è prima arrestato; infatti il collegamento viene chiuso, per mezzo di *relè*, soltanto dopo che il *cercatore* si è fermato nella nuova posizione.

Avrete constatato senza dubbio che il *centralino* presenta, per il traffico interno, diverse semplificazioni rispetto alla *centrale urbana Hasler*, senza avere peraltro alcunchè di concettualmente nuovo.

Il collegamento alle linee esterne

Le cose stanno invece diversamente per quanto riguarda il *collegamento delle linee esterne*. Qui bisogna infatti tener conto della necessità di poter *passare* la comunicazione. A questo scopo sono previsti *due cercatori di linea*, allacciati in parallelo attraverso al *traslatore U*, come risulta dalla fig. 21.

Servendoci dello schema, esamineremo nuovamente l'esempio menzionato all'inizio. La conversazione prove-

niente dalla *centrale urbana* viene inviata, tramite il *cercatore ALS-1*, all'*apparecchio interno* previsto per la risposta. Suona il campanello, viene sollevato il *ricevitore* e, con una pressione sul *tasto di segnalazione*, il collegamento è realizzato e la conversazione incomincia.

Nel nostro esempio abbiamo posto il caso che il gerente della ditta non si trovi in ufficio al momento della chiamata, ma in officina. La chiamata viene passata automaticamente all'*apparecchio dell'officina*. Ciò può avvenire in differenti maniere. Nel *centralino V/30* bisogna premere il cosiddetto « *tasto di segnalazione circolare* ». Quando la persona addetta al servizio dell'apparecchio principale si allontana, preme il tasto suddetto. Allora, in caso di chiamata, entrano in azione *le suonerie di tutti gli apparecchi*. La comunicazione può esser presa ovunque: basta sollevare il *ricevitore* e premere il *tasto di terra*. Il passaggio della comunicazione e la sua interruzione, per informazioni interne, avviene nel solito modo.

Nel *centralino automatico tipo 1/10* (1 linea esterna, 10 apparecchi interni) non occorre alcun tasto speciale per il passaggio della chiamata. Qualora, *dopo 6 segnali di chiamata esterna*, il *ricevitore* dell'*apparecchio principale* non sia ancora stato sollevato, la chiamata passa automaticamente al cosiddetto « *apparecchio notturno* » (e solo a questo). Generalmente quest'apparecchio è infatti quello collocato *nell'abitazione* o *nella camera da letto del gerente*. Da esso si può rispondere alle chiamate esterne e naturalmente anche passare la comunicazione agli altri apparecchi. In molti impianti, il passaggio della chiamata all'*apparecchio notturno* non avviene del tutto automaticamente, ma solo qualora sia stato premuto un *apposito tasto* dell'*apparecchio principale*.

La possibilità di interrompere le comunicazioni esterne per richiedere delle informazioni interne comporta delle situazioni interessanti. Volendo chiedere un'*informazione*, l'utente preme il *tasto di messa a terra*. Si eccitano allora i *relè F* e D_1, tramite il *relè* X_1, come descritto sopra. Si tratta dei medesimi *relè* che abbiamo visto nella fig. 20. Per effetto delle conseguenti commutazioni, il *secondo cercatore ALS-2*, con *registratore*, viene messo a disposizione per la *selezione interna*. La *linea esterna* viene chiusa, mediante una *resistenza* da 600 ohm, dal *contatto esterno* (a sinistra) del relè *F*; in tal modo il circuito telefonico rimane chiuso, indipendentemente dal fatto che in esso l'apparecchio dell'utente sia inserito o no. Come vedete, i *relè d'alimentazione A* e *B*, che forniscono attraverso ad *U* la corrente continua proveniente dalla centrale, non hanno ora più alcun effetto sulla *linea esterna*; intanto però la comunicazione esterna è trattenuta. Il dispositivo interno di collegamento, col cercatore *ALS-2*, appartiene senza dubbio alla *linea esterna*. In quanto alla *selezione interna*, essa avviene nel modo già descritto. Visti dalla *linea esterna*, i due utenti *A* e *B* (fig. 21) sono allacciati in modo del tutto equivalente attraverso *ALS-1* o *ALS-2*. È quindi chiaro che, premendo il *tasto di segnalazione* nel posto *A* oppure *B* si ottiene in entrambi i casi il medesimo effetto e cioè l'allacciamento alla *linea esterna*. Da questo punto di vista risulta che l'*informazione* e il *passaggio della comunicazione* sono la stessa cosa. Non volendo inoltrarci maggiormente nei dettagli, può bastare lo schema semplificato della fig. 21.

È poi importante il fatto che, effettuando ripetutamente il passaggio della comunicazione, i cercatori *ALS-1* ed *ALS-2* invertono le loro funzioni. Il primo collegamento avviene attraverso *ALS-1* e il primo passaggio della comunicazione mediante *ALS-2*. Nel secondo passaggio si inserisce nuovamente *ALS-1*, e così via alternativamente. È importante notare che, per queste operazioni puramente interne, come le *informazioni* ed il *passaggio della comunicazione*, si impiegano soltanto i *cercatori* assegnati alla *linea esterna*. Quando un utente, sollevando il ricevitore, sente il *segnale d'occupato*, il quale indica che tutti i *complessi interni di selezione* sono già occupati, egli ha, ciò nonostante, ancora la possibilità di effettuare un *collegamento interno* attraverso una *linea esterna*, dopo aver premuto il *tasto di segnalazione*. I collegamenti esterni e quelli interni d'informazione sono del tutto indipendenti dal rimanente traffico interno.

Questa breve descrizione, nella quale abbiamo tralasciato tutti quei particolari che vi erano già noti dallo studio delle *centrali automatiche* (*disco combinatore, svolgimento della selezione, segnale d'occupato o di libero, termine della conversazione*, ecc.), chiude il Capitolo dedicato alla *telefonia*. Voi avete raggiunto così una buona conoscenza dei problemi della *telefonia*, pur senza essere diventato uno specialista in materia, poichè ciò richiederebbe degli anni di pratica. Sarete comunque fiero di essere ormai in grado di comprendere tante cose in questo ramo interessante delle telecomunicazioni.

Domande

1) Quali sono i sistemi automatici particolarmente adatti per i centralini interni?
2) Che avviene quando si preme il tasto di segnalazione?
3) Quanti sono i relè che entrano in funzione per il *passaggio del collegamento*, quando si preme il tasto di segnalazione (fig. 21)?
4) In quale modo la centralina Hasler descritta consente di ottenere dei collegamenti interni, per l'informazione, e di *passare* la comunicazione esterna?

Risposte alle domande di pag. 10

1) Alle basse frequenze si ha una diminuzione dell'amplificazione per effetto dell'aumentata reattanza dei condensatori di accoppiamento e di cortocircuito. La diminuzione che si presenta alle alte frequenze è invece dovuta alle capacità degli elettrodi e dei collegamenti, che provocano un abbassamento delle reattanze di griglia e di placca.
2) La correzione dell'andamento di frequenza dell'amplificazione si effettua molto bene, alle frequenze alte, mediante inserzione di un'induttanza in serie alla resistenza anodica, cosicchè si ottiene un aumento sensibile della impedenza, solo alle frequenze più alte. Inoltre essa consente anche di sfruttare l'effetto di risonanza con le capacità parassite.

3) Per correggere l'andamento dell'amplificazione alle frequenze elevate, si può far uso dlla controreazione, realizzata mediante una resistenza catodica con un piccolo condensatore in parallelo. La controreazione è pienamente efficace alle frequenze basse, mentre a quelle alte la capacità, anche piccola, riduce fortemente l'impedenza in serie al catodo e quindi la controreazione.
4) Nell'amplificatore Video a più stadi, è indispensabile aggiungere la componente di tensione continua, perchè i condensatori d'accoppiamento inoltrano solamente la componente alternata. Mancando la componente continua l'illuminazione dello sfondo rimane indeterminata.
5) La fase dell'immagine subisce in ogni amplificatore uno spostamento di 180°, ossia un'inversione.
6) La fase dell'immagine nel circuito anodico dell'Amplificatore Video finale deve essere negativa, se il segnale viene applicato al catodo del tubo televisivo, positiva, se esso viene applicato al cilindro di Wehnelt.

RADAR

L'IMMAGINE PANORAMICA

Il *radar* è veramente un'apparecchiatura fantastica, quando si pensi che esso consente di scoprire, per esempio, degli aerei di notte o nella nebbia, senza che nell'aereo stesso si trovino apparecchi che assecondino la ricerca. L'impianto descritto nella Dispensa precedente ha però il difetto di richiedere la *continua sorveglianza di tutte le direzioni*, da effettuare, osservando sempre attentamente lo schermo.

Inoltre, se l'apparecchio è collocato su un veicolo, esso registra le *riflessioni provocate dagli oggetti fissi circostanti, come campanili, ciminiere, edifici elevati*, i quali cambiano continuamente di posizione rispetto al veicolo e pertanto sono difficili da distinguere gli uni dagli altri. Le *coste* lungo il mare provocano delle *riflessioni particolarmente nette*; gli *specchi d'acqua quieta* invece *riflettono le onde soltanto in direzione opposta a quella di provenienza*, come risulta dalla fig. 22, cosicchè *non si ha formazione di eco*. Sono soltanto le *irregolarità della costa* che producono delle *tracce sullo schermo*, e questo fatto è di eminente importanza per l'uso del *radar* sulle *navi* e sugli *aerei*, per scopi di orientamento.

Si potrebbe pensare di ottenere un vantaggio, facendo ruotare uniformemente l'*antenna*, ma ciò non basta, perchè le riflessioni provenienti da differenti direzioni dovrebbero prima essere combinate in modo giusto; ciò non si può fare finchè si impiegano unicamente degli impulsi che producono sullo schermo dei *segni verticali*. Sarebbe invece assai comodo se i *segnali provenienti dalle riflessioni* potessero esser riportati su una specie di carta geografica, ognuno al punto giusto. Dalle spiegazioni precedenti voi sapete che le onde elettromagnetiche emesse dall'*antenna trasmittente* possono esser inviate in tutte le direzioni, se si fa ruotare l'*antenna*. Le *onde riflesse* sono raccolte dall'*antenna di ricezione* e producono un segno nel punto corrispondente alla distanza esatta. L'*immagine del paesaggio* viene quindi scomposta in singoli *punti* e noi siamo portati così a pensare alla *televisione*, dove pure si ha la *scomposizione* e la *ricomposizione dell'immagine*. Se riusciamo a realizzare la *ricomposizione dell'immagine*, otterremo in questo caso una specie di *riproduzione del paesaggio*, ossia di *carta geografica*. Si tratta ora di vedere qual è il procedimento adatto allo scopo.

Riproduzione in chiaro e scuro

L'analogia con la *televisione* ci fa comprendere che ad un'*onda riflessa* deve corrispondere ora sullo schermo non una riga, ma *un punto*. Le singole *onde riflesse* non sono quindi più contraddistinte dall'altezza di un tratto, ma solamente dalla *luminosità di un punto*. Dalle nostre spiegazioni sul *tubo televisivo* voi sapete che, per produrre dei punti luminosi sullo schermo, è necessario applicare gli impulsi ricevuti, dopo averli amplificati, al *cilindro di Wehnelt*. Con ciò è risolta una parte del problema, ma siamo ancora lontani dall'aver ottenuto un'immagine simile ad una carta geografica.

Il retino

Ovunque abbiamo finora avuto a che fare con la trasmissione elettrica di un'immagine, è stato necessario escogitare un sistema per scomporla in singoli punti, in modo da costituire un cosiddetto « *retino* ». In che modo è possibile, nel *radar*, eseguire l'esplorazione seguendo un *retino* predeterminato? Anche nella ricezione sarà necessario far seguire al raggio catodico la stessa traccia; ciò si potrà fare con l'aiuto di adatti campi magnetici o elettrici.

Se l'esplorazione del paesaggio avviene con l'aiuto di un'*antenna rotante*, una delle due *coordinate* del retino è data; abbiamo infatti un'*onda elettromagnetica fortemente concentrata* che viene proiettata successivamente in tutte le direzioni angolari. Data una coordinata rimane automaticamente fissata anche l'altra.

Infatti i diversi punti situati nella medesima direzione si distinguono unicamente per la loro distanza dall'origine. Ogni punto è determinato così in modo univoco e concorre alla formazione della voluta *carta geografica*.

Come già sappiamo, le onde elettromagnetiche per il *radar* vengono emesse sotto forma di brevissimi impulsi. Il tempo, impiegato dalle onde per percorrere la distanza dal *trasmettitore* al punto di riflessione e per far ritorno al *ricevitore* (situato accanto al *trasmettitore*), dipende unicamente dalla distanza dell'oggetto riflettente. Le onde riflesse dagli oggetti più distanti ritornano con maggior ritardo.

Il *retino* risultante da questo sistema d'esplorazione è rappresentato nella fig. 23. Dapprima troverete che questo retino ha un grave inconveniente: è molto fitto al centro e diventa sempre più rado verso la periferia. Ricordiamoci però della caratteristica direzionale delle onde di localizzazione. Esse non costituiscono dei raggi paralleli, ma coprono sempre un certo *angolo*; ciò significa che, a una certa distanza dal centro, la larghezza del raggio è maggiore. Per esempio, un angolo di 1° forma a 1 km di distanza un arco di m 17,45; a 10 km invece un arco di m 174,5.

Fig. 23

Interessa altresì confrontare la *densità del retino* con il *numero di punti* impiegato in televisione. C'è però una differenza di principio, dovuta alle limitazioni imposte dal fatto che l'*antenna* vien fatta ruotare *meccanicamente*. Inoltre è ovvio che il *numero dei raggi* dipende dalla *frequenza* con la quale si susseguono gli impulsi emessi. Chiariremo le cose con un esempio.

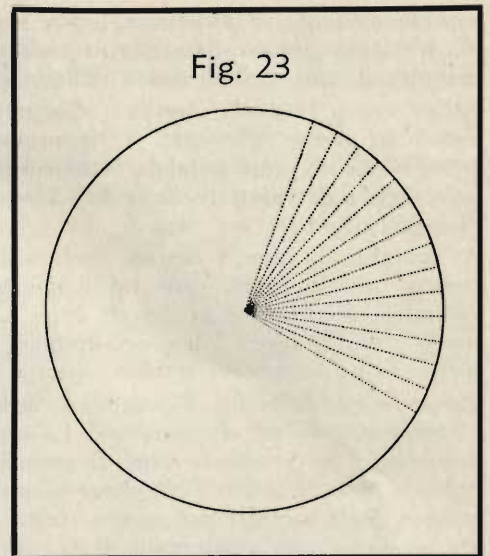
L'*antenna* effettua *30 rotazioni al minuto*, ossia *un giro in due secondi*. Come sappiamo dalla Dispensa precedente, il *numero degli impulsi* dipende dalla *massima distanza degli oggetti* che si vogliono riprodurre. Volendo registrare gli oggetti situati entro un raggio di 75 km, occorre una frequenza d'impulsi di 2 000 Hz. Infatti tra un impulso e l'altro l'onda compie un percorso di $\frac{300\,000}{2000}$ km = 150 km, ossia 75 km d'andata e 75 di ritorno. Questi dati consentono di calcolare il *numero di raggi* del nostro *retino*. L'*angolo giro* — circonferenza di 360° — viene percorso in 2 secondi; durante questo periodo vengono emessi 4 000 impulsi. Ogni impulso corrisponde quindi a $\frac{360^0}{4000} = 0{,}09^0$. È chiaro quindi che *il retino diventa tanto più fitto, quanto più lenta è la rotazione dell'antenna e quanto più piccola la distanza esplorata*, poichè, diminuendo la distanza, è possibile aumentare la frequenza degli impulsi. Vedremo subito qual è il limite inferiore per la velocità di rotazione dell'antenna. Ora calcoliamo qual è l'arco di cerchio che corrisponde ad un angolo di 0,09° alla distanza di 75 km. Esso equivale a $\frac{2 \cdot 75 \cdot \pi \cdot 0{,}09}{360} = 0{,}118$ km = *118 metri*. Tenendo presente che il raggio localizzatore ha una apertura di circa 1°, possiamo esser certi che tutti i punti potranno effettivamente esser individuati.

L'antenna

Dopo aver riflettuto sui metodi che possono esser impiegati, in linea di principio, per l'*esplorazione del paesaggio*, vediamo quali sono le parti essenziali di cui si compone una *stazione radar*. Cominciamo con l'*antenna*, che è uno degli organi più importanti, in quanto che realizza il collegamento tra l'*apparecchio* e l'*esterno*.

La fig. 24 mostra il *sistema d'antenna* di un impianto di *radar navale americano*. La *forma* un po' strana è richiesta dalla *lunghezza d'onda* usata, che è di cm 3,2. È inutile che descriviamo il *motore* che aziona l'*antenna*; esso è completamente incapsulato in una *carcassa stagna*, la quale costituisce, nello stesso tempo, il *basamento* del dispositivo. L'organo a forma di corno, che si eleva a sinistra sopra la *carcassa del motore* è un cosiddetto « *conduttore cavo* ». Mentre finora abbiamo sempre visto che per il trasporto dell'energia elettrica, compresa quella ad *AF*, occorreva un *sistema di due conduttori*, qui *l'energia viene trasportata in un tubo chiuso senza alcun conduttore interno*, come se si trattasse d'acqua o di gas. « Non è possibile! » voi direte; e avete ragione, se vi riferite alle *frequenze industriali* o anche a quelle usate per le *radioaudizioni*. Eppure *alle frequenze altissime ciò è non solo possibile, ma anche molto comodo*, e cercheremo perciò di spiegarvelo. Dobbiamo rifarci alla *propagazione delle onde elettromagnetiche nello spazio*. Nello spazio (a parte l'*etere*) non abbiamo nessun mezzo di trasporto; viene però dispersa moltissima energia. *Nei conduttori cavi le perdite d'energia sono piccolissime, quando si tratta di onde centimetriche*. Questi *conduttori* si chiamano perciò, più propriamente, « *guide d'onde* ». La propagazione dell'energia nelle *guide d'onde* è strettamente legata alle *dimensioni geometriche delle onde stesse*. Per esempio, nel tubo della fig. 24, che è *a sezione rettangolare*, il lato maggiore del rettangolo deve essere *un po' più lungo di mezza lunghezza d'onda dell'oscillazione trasmessa*; quindi se λ = cm 3,2, il *lato* deve essere circa 1,8-2 cm .

Fig. 24

Di particolare importanza è il *materiale* che costituisce la *superficie interna della guida d'onde*. Si deve usare un *metallo di ottima conduttività* e si impiega perciò generalmente l'*argento*, che viene però applicato soltanto in uno strato sottilissimo. Il compito dello *strato d'argento* non è infatti di condurre l'energia, ma unicamente di *riflettere le onde*, in modo da trattenere l'energia elettromagnetica nell'interno del tubo. Per ottenere la *riflessione dell'onda* in modo conveniente, è necessario attenersi alle condizioni geometriche e di materiale

sopramenzionate. Rinunciamo perciò ad addentrarci maggiormente nei particolari della propagazione del campo elettromagnetico ondulatorio nell'interno della *guida d'onde*, perchè si tratta di un fenomeno alquanto complesso, che richiede una difficile trattazione matematica.

All'estremità la *guida d'onde* è allargata a forma di imbuto, in modo da dirigere le onde elettromagnetiche contro la *parete riflettente*. È importantissimo che l'apertura dell'imbuto si trovi *a giusta distanza* dalla *parete riflettente*, costituita da numerose *sbarre d'alluminio*; altrimenti non si ottiene la *caratteristica direzionale* voluta. Il riflettore della fig. 24 è largo m 1,55 e produce un *raggio localizzatore* con apertura orizzontale di soli 1,6°.

Ai margini di questo campo, ossia a 0,8° dalla mezzeria, l'energia irradiata è ridotta alla metà di quella al centro; più in fuori, cade rapidamente a zero. Verticalmente, invece, il raggio è molto meno concentrato, volendosi identificare anche gli aerei a partire dalle distanze di 5-10 km. *L'apertura della caratteristica verticale* è di 17° sopra l'asse orizzontale. Il *raggio localizzatore* possiede in tal modo, approssimativamente, la forma di un *settore di cerchio*; questa forma si è dimostrata particolarmente favorevole.

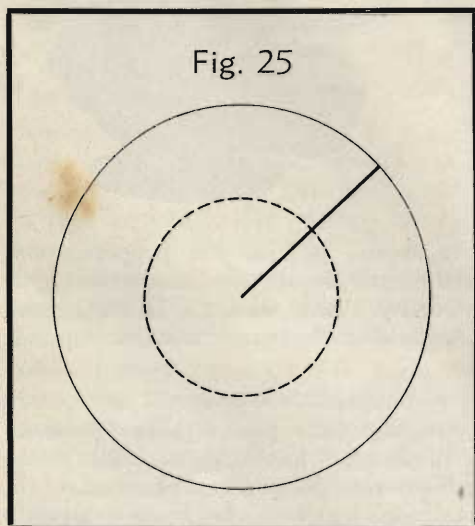
Come vedete dalla fig. 24, esiste *un solo sistema d'antenna* e pertanto è necessario allacciarlo alternativamente al *trasmettitore* ed al *ricevitore*. La *durata degli impulsi* trasmessi può essere a scelta *1/4* o *1 μs* (1 μs = 1 microsecondo = 1 milionesimo di secondo). *Il primo valore si impiega per le determinazioni da farsi in vicinanza (10 e 35 km); l'altro per i campi a distanza (100 e 350 km)*. Nell'apparecchio in questione la *frequenza* degli impulsi *nel campo vicino* è di 3 000 Hz. Abbiamo quindi degli impulsi della durata di 1/4 μs che si susseguono a intervalli di 1/3 ms (1 ms = 1 millisecondo = 1 millesimo di secondo). Durante il periodo impiegato dalle onde per andare fino alla distanza massima e tornare, non dev'essere emesso altro impulso.

Per questa stessa esigenza l'impiego di *un unico sistema d'antenna* appare molto conveniente. Naturalmente la *commutazione dell'antenna* dal circuito del *trasmettitore* a quello del *ricevitore* deve avvenire *in sincronismo* con la emissione degli impulsi. Tale *commutazione* si realizza *mediante accensione di una scarica*, che avviene nell'istante esatto, in modo da collegare l'*antenna* col *trasmettitore* e da cortocircuitare l'entrata del *ricevitore*. Non possiamo descrivere qui tutto lo schema, perchè per comprenderlo sarebbero necessarie delle cognizioni sulla *teoria dei quadripoli*, che supererebbero sensibilmente i limiti di questo Corso.

L'impiego di un'*unica antenna* non consente soltanto di realizzare un'economia di materiale, ma assicura altresì la *perfetta identità delle caratteristiche direzionali* del *trasmettitore* e del *ricevitore*, il che è sommamente importante, data la forte concentrazione del *raggio localizzatore*. L'*esercizio simultaneo*, come è denominato *l'impiego di una sola antenna per la trasmissione e la ricezione*, è preferibile soprattutto *negli impianti per aerei*.

In merito al *ricevitore* non vi è molto da dire. Per poter inoltrare degli impulsi assai brevi è necessario un *amplificatore a larga banda*. Le esigenze sono però molto minori di quelle che si pongono in *televisione*, per la qual cosa non occorre che ce ne occupiamo di nuovo. Naturalmente, per ottenere la necessaria *amplificazione* ci vuole un *amplificatore a supereterodina*. Per la *conversione della frequenza d'esercizio* di 9375 MHz occorre un *generatore d'oscillazioni di frequenza elevatissima*. Esso funziona con un *magnetron* oppure con un *klystron*, uno *speciale tubo per onde ultracorte*. Mentre però il *trasmettitore* deve emettere delle *potenze fortissime*, che toccano *punte di 30 kW*, per il *generatore ausiliario* bastano soltanto *pochi milliwatt*.

Il tubo d'osservazione

Come il tubo d'immagine della televisione richiede la soluzione di particolari problemi, così anche nel *radar* il *tubo d'osservazione* dev'essere adattato al suo scopo particolare. In primo luogo si tratta di *tracciare col raggio catodico un retino simile a quello percorso dal raggio localizzatore*. Rammentiamo che *l'antenna effettua una rotazione, mentre le onde esploranti si spostano radialmente con la velocità della luce*. Nella Dispensa N. 19, pag. 13 abbiamo spiegato come sia possibile in linea di principio ottenere un *movimento circolare del raggio elettronico*; si tratta di un caso particolare delle *figure di Lissajous*.

Come abbiamo già visto, la *deflessione circolare* si può ottenere anche per via magnetica. Il movimento radiale, che deve avvenire in sincronismo con lo spostamento delle onde inviate nello spazio, si ottiene, anche in questo caso, mediante un'*oscillazione a dente di sega*. Per realizzare quindi una *deflessione del raggio catodico* corrispondente al *retino* della fig. 23, si produce dapprima lo *spostamento rotativo*, applicando due tensioni elettriche, oppure due campi magnetici, di ugual frequenza, ma sfasati di 90°. Senza *tensione a dente di sega*, si otterrebbe in tal modo *un circolo di diametro approssimativamente uguale alla metà del diametro dello schermo*. Applicando quindi la *tensione a dente di sega* a una coppia di *elettrodi concentrici*, si sovrappone la *deflessione radiale a quella circolare; ogni punto del circolo primitivo viene allungato fino a formare una linea radiale* (figura 25).

Non occorre che ripetiamo come si possono produrre le *tensioni di deflessione*. La *frequenza dell'oscillazione sinusoidale* deve corrispondere alla *rotazione dell'antenna*, mentre la *tensione a rilassamento* deve avere la *frequenza degli impulsi*. Per quanto riguarda il *trasmettitore*, il fatto che l'*antenna* ruoti durante l'emissione dell'onda, è

senza importanza. Invece sullo *schermo d'osservazione* il *raggio* compie pure un certo *spostamento circolare* durante un periodo dell'*oscillazione a rilassamento*. Nell'esempio riportato più sopra l'*antenna ruota di* 0,09° nell'intervallo tra due impulsi successivi. Su un tubo da 20 cm di diametro (100 mm di raggio) quest'angolo corrisponde ad un *arco periferico* di $100 \frac{2\pi \cdot 0{,}09}{360} = 0{,}15705$ mm.

Questo calcolo di controllo dimostra che il dispositivodescritto è in grado di riprodurre sullo schermo il *retino* descritto dal *raggio localizzatore* con sufficiente precisione. Le successive *deflessioni* producono sulla circonferenza del tubo, cioè nella posizione meno favorevole, dei punti che non distano tra loro più del loro spessore.

Negli impianti fissi è facile fare in modo che l'*immagine* compaia sullo schermo *col giusto orientamento*. *Sopra un mezzo mobile* la cosa è un po' più difficile. Comunque, le *navi* e gli *aerei* sono sempre equipaggiati con la *bussola*. È quindi necessario far coincidere l'*orientamento dell'immagine* con *quello dato dalla bussola*.

Attraverso un adatto dispositivo, si comanda, mediante la *bussola*, la *fase delle oscillazioni sinusoidali* occorrenti per la *deflessione circolare*, in modo da avere sempre *il nord in alto*. Resta allora agevole confrontare l'*immagine radar* con la *carta geografica* e seguire su questa la rotta percorsa. Per poter rilevare le *distanze esatte*, sono tracciati sullo schermo dei *cerchi concentrici*, il cui valore cambia, naturalmente, quando si commuta il campo di misura.

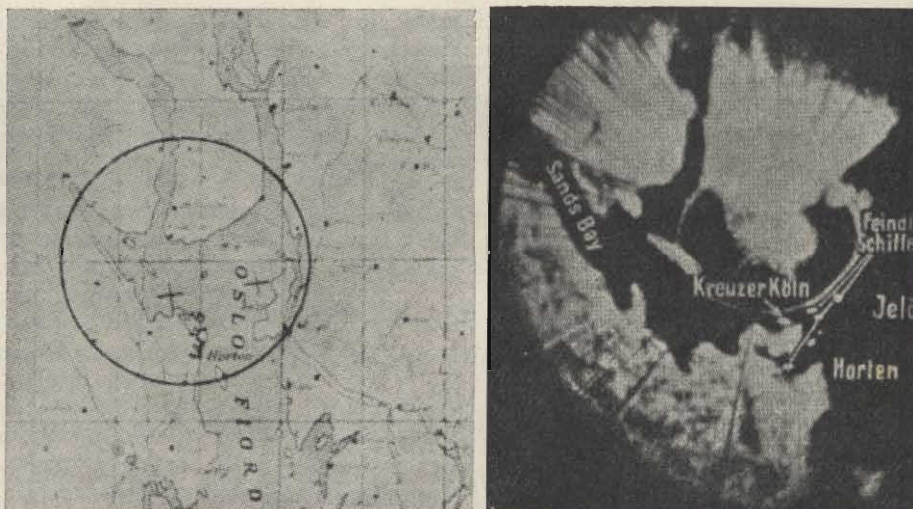
Abbiamo già detto che, *data la frequenza degli impulsi, rimane stabilita la massima distanza* alla quale è possibile eseguire la localizzazione in modo univoco. Per esempio, con la *frequenza di 1000 Hz* si possono misurare, senza possibilità di equivoco, *distanze fino ai 150 km*; con *2000 Hz*, invece, soltanto 75 km. *Qualora, soprattutto nelle navi, si voglia limitare il campo a piccole distanze, p. es. a 10 km, non occorre aumentare la frequenza degli impulsi a* $\frac{3\ 00000}{2 \cdot 10} = 15\ 000$ *Hz*. Basta invece *aumentare semplicemente l'ampiezza della tensione a dente di sega; allora una parte dell'immagine cade fuori dello schermo, mentre l'interno risulta ingrandito*. A ciò si unisce un ulteriore vantaggio: se la *frequenza degli impulsi* è relativamente *bassa*, il *campo di misura* univoco rimane *maggiore* e ne viene *soppressa semplicemente la parte esterna*. È poi importante il fatto che, *a frequenza d'impulsi più elevata, cresce fortemente il carico del magnetron di trasmissione*.

Vediamo con un esempio ciò che si ottiene con *differenti frequenze d'impulsi*. Supponiamo che, *per il campo vicino*, si faccia uso della frequenza d'impulsi di 15 kHz. Il limite sarebbe a 10 km e di conseguenza le onde riflesse dagli oggetti situati, per esempio, a 8 e a 18 km provocherebbero dei *punti coincidenti*; i disturbi sarebbero quindi inevitabili. Se invece gli impulsi si susseguono alla frequenza di 3 kHz, il campo si estende fino a 50 km. Mediante *ingrandimento dell'ampiezza dell'oscillazione a rilassamento* si riduce il campo riprodotto al raggio di 10 km. Un eventuale disturbo del punto corrispondente agli 8 km si potrebbe avere soltanto per effetto di un oggetto posto a 58 km, e sarebbe quindi molto facile da individuare. Naturalmente bisogna far in modo che il *tubo d'osservazione* sopporti effettivamente la *tensione a dente di sega* quintuplicata in ampiezza, senza subirne danno.

Fig. 26

Anche in merito al *tubo d'osservazione* occorrono alcuni cenni. L'*antenna* ruota a velocità relativamente moderata.

Il *cerchio del retino* viene tracciato con l'identica velocità. Soltanto al termine di una rotazione completa, cioè, per esempio, dopo 2 sec (in certi impianti di bordo anche più tardi) il *raggio elettronico* si ritrova allo stesso punto dello schermo. Se si usasse uno *schermo normale*, come quelli degli *oscilloscopi* e della *televisione*, si vedrebbero tutt'al più dei *brevissimi sprazzi di luce*. La possibilità di realizzare un'*immagine radar* esiste soltanto a condizione che si disponga di un *materiale dotato di una fluorescenza più duratura*. Fortunatamente questo materiale adatto è stato trovato; appena colpito per un breve istante dal *raggio catodico*, esso emette una *luminescenza che solo lentamente si affievolisce*. La fig. 26 mostra, a destra, il risultato di un'*apparecchiatura panoramica radar*. A fianco è mostrato un ritaglio di *carta geografica*, per il confronto. (L'esempio è riprodotto dal libro « Radar » di R. W. Hallows).

Come abbiamo già accennato, soprattutto le *coste* producono delle *riflessioni molto nette*, cosicchè in certi casi

si ottengono delle immagini che corrispondono effettivamente ad una *carta geografica*. Sull'immagine compaiono poi, sotto forma di *puntini bianchi*, le *navi*; esse si distinguono particolarmente per il fatto che *mutano di posizione rispetto alle coste*. Alla periferia dell'immagine si nota chiaramente la *traccia del retino d'esplorazione*.

L'*immagine radar* presenta, naturalmente, qualche deformazione rispetto ad una *carta geografica*; tuttavia è innegabile che tale apparecchiatura costituisca un eccellente aiuto per la *navigazione*, soprattutto *di notte* o *con tempo nebbioso*. D'altronde la tecnica del *radar* è ancora agli inizi e voi stesso potrete immaginare gli utili sviluppi che senza dubbio essa raggiungerà. Attualmente si ottiene una *precisione di circa 70 . . . 100 m*, indipendentemente dal fatto che si tratti di distanze grandi o piccole. Tale precisione è già sufficiente perchè, mentre gli *aerei* devono tenersi, in ogni caso, a distanze maggiori dagli ostacoli, le *navi* possono far uso dei fari luminosi alle distanze più piccole.

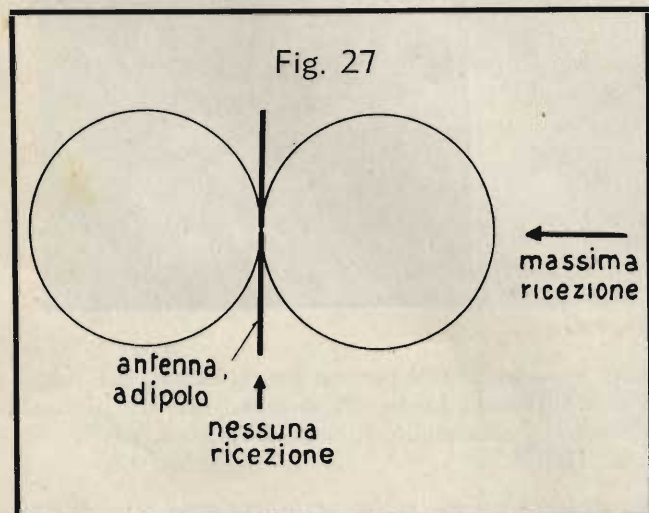
Così abbiamo potuto togliere quell'alone di mistero che circondava per voi, fino a poco tempo fa, la parola « *radar* ». Ci auguriamo che abbia a presentarvisi un giorno l'occasione di completare le vostre cognizioni praticamente, occupandovi di qualche impianto *radar*.

Domande

1. Perchè la superficie piana di uno specchio d'acqua in bonaccia compare scura sullo schermo del radar?
2. A che cosa si allaccia l'uscita dell'amplificatore radar?
3. Che tipo di retino si impiega, per la formazione dell'immagine sullo schermo del radar panoramico?
4. Quanti sono i sistemi d'antenna che occorrono, nell'apparecchio radar panoramico?
5. In che modo si realizza il retino d'esplorazione nel radar?
6. Qual è la principale esigenza che si pone allo schermo del tubo d'osservazione?
7. Qual è la precisione della misura di distanza nel radar?

TELEVISIONE

L'ANTENNA PER ONDE ULTRACORTE

Nella Dispensa N. 22 abbiamo già accennato che, nella tecnica delle *onde ultracorte*, si fa generalmente uso del *dipolo simmetrico accordato*. Sapete inoltre che, in questa gamma, l'*antenna emittente* viene disposta *orizzontalmente*, non verticalmente. Mentre l'*antenna verticale* irradia le onde *in modo uniforme* verso tutte le direzioni, il *dipolo orizzontale* invia le onde, o le riceve, soltanto *entro un determinato angolo attorno alla perpendicolare all'asse del dipolo*. Nella direzione del *dipolo* stesso l'irradiazione è, invece, nulla. La fig. 27 mostra la *caratteristica orizzontale* di un'*antenna a dipolo*.

Nelle *antenne trasmittenti* per *radioaudizioni* o *televisione*, la *caratteristica direzionale del dipolo* comporta qualche difficoltà. Infatti, in questi casi, si desidera che le onde vengano emesse uniformemente verso tutte le direzioni, tanto più che, come sapete, la portata delle *onde ultracorte* è per se stessa limitata. La difficoltà viene superata applicando un *secondo dipolo, che emetta con preferenza nelle direzioni trascurate dal primo dipolo*. I *due dipoli* vanno quindi *disposti incrociati* tra loro; troverete questa disposizione in tutte le antenne per *onde ultracorte*. Inoltre i *dipoli* dovranno essere alimentati con *correnti sfasate di 90°*. Con ciò è risolto il problema della *caratteristica orizzontale*.

Nella *verticale* l'emissione del *dipolo incrociato* è per se stessa *abbastanza uniforme*, ma la forma della caratteristica dipende alquanto dall'*altezza del dispositivo radiante*, sopra il terreno. È però facile comprendere che non esiste alcun interesse a inviare le onde perpen-

dicolarmente verso l'alto. Dato che la propagazione segue le *leggi dell'ottica*, bisogna cercare di inviare la maggior parte possibile dell'energia in direzione degli utenti, ossia *orizzontalmente*. Voi sapete che le onde inviate verticalmente verso l'alto non rappresentano altro che una perdita di energia, la quale non può essere assolutamente giustificata. Per quanto riguarda la *caratteristica verticale* è quindi necessario raccogliere le onde in un fascio molto ristretto. Dalle nostre precedenti spiegazioni sulle *antenne direzionali* risulta che, per ottenere questo effetto, bisogna sovrapporre verticalmente diversi sistemi di *dipoli* identici tra loro. La figura 28 mostra, ad esempio, un'*antenna* costituita da *tre coppie sovrapposte di dipoli a croce*. Mentre la *caratteristica orizzontale* di quest'*antenna* è pressochè *circolare*, la *caratteristica verticale* è indicata in basso nella medesima fig. 28. Queste proprietà favorevoli di emissione valgono però soltanto in un *ristretto campo di frequenza*, ragione per cui l'*antenna* della fig. 28 può essere vantaggiosamente impiegata nelle *radiotrasmissioni a onde ultracorte*, ma *non nella televisione*. È però interessante il fatto che, usando dei *dipoli di maggiore larghezza*, si ottiene un'estensione maggiore della *banda utile* trasmessa dall'*antenna*, ossia si hanno delle buone proprietà emittive in un campo di frequenza molto più esteso.

Fig. 28

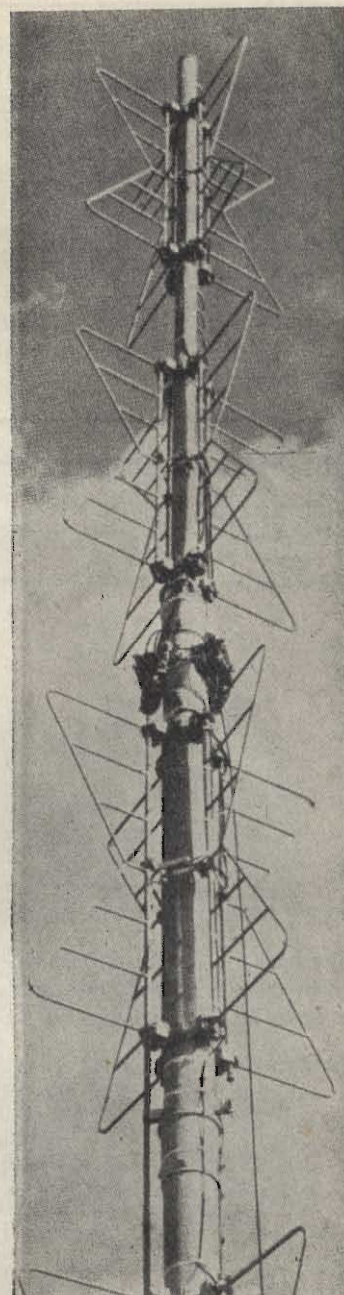
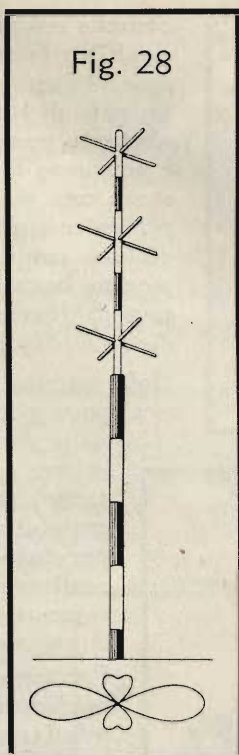



Fig. 29

Le *stazioni di televisione* impiegano oggi di sovente le cosiddette « *antenne a farfalla* ». Esse posseggono, come si vede nella fig. 29, dei *dipoli di notevole estensione verticale* e con una forma che ricorda, con un po' di fantasia, le ali di una farfalla. Sovrapponendo un certo numero di *dipoli* si ottiene anche qui la richiesta *limitazione del raggio in senso verticale*, obbligando tutta l'energia a dirigersi in direzione parallela al suolo.

Abbiamo già detto varie volte che, per aumentare la portata delle *antenne per onde ultracorte*, queste si dispongono in alto il più possibile. Spesso il *pilone* che porta l'*antenna per le onde ultracorte* è a sua volta utilizzato come *antenna per onde medie o corte*.

L'antenna ricevente

Dopo questi due esempi ci occuperemo un po' più dettagliatamente dell'*antenna ricevente*. Probabilmente avrete voi stesso a che fare sovente con questo genere d'antenna. Per le *onde ultracorte* e la *televisione*, ancor più che per le normali gamme d'onda, vale il principio che *una buona antenna è il miglior amplificatore d'AF*. È realmente strano che molta gente acquisti senza esitazioni un apparecchio ricevente d'alto costo, rifiutandosi nello stesso tempo di incorrere nella piccola spesa supplementare rappresentata dall'impianto di una buona *antenna*.

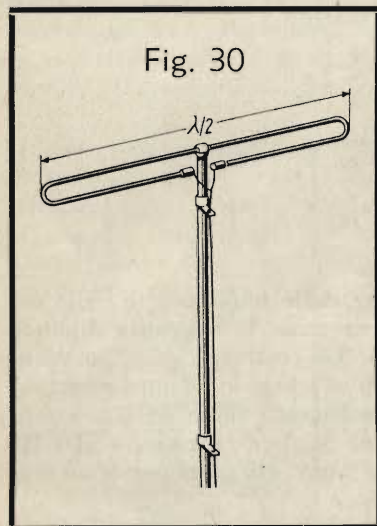



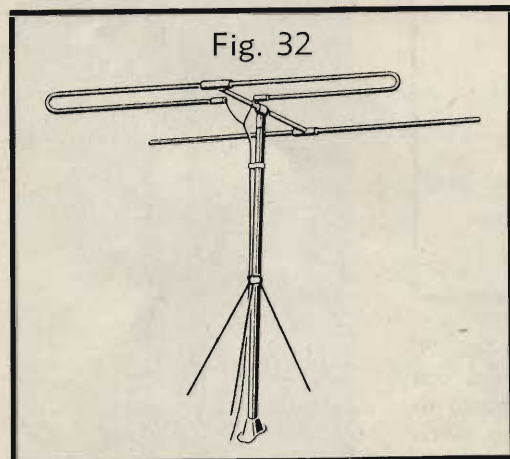
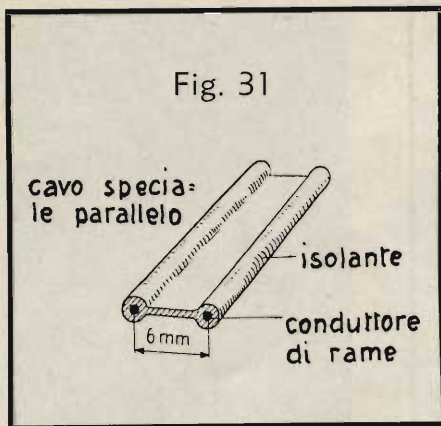
Fig. 30

Il *dipolo semplice* viene impiegato oggi raramente come *antenna ricevente*.

Esso è stato sostituito dal cosiddetto « *dipolo piegato* », visibile nella fig. 30.

La superiorità del *dipolo piegato* è evidente. In primo luogo esso è *meno selettivo* e si comporta quindi molto meglio nella ricezione delle *bande larghe*.

Inoltre presenta una *caratteristica verticale più ristretta*, per la qual cosa raccoglie soltanto le onde provenienti da una *piccola regione angolare*, ma in compenso le riceve meglio del dipolo semplice.

Infine, e questa non è la ragione meno importante, l'*impedenza del dipolo piegato* si aggira sul valore di 300 ohm e corrisponde pertanto all'*impedenza critica* di un semplice *cavo parallelo* (fig. 31), il quale può essere direttamente allacciato all'*antenna*, mentre col *dipolo semplice* si richiedono dei particolari *pezzi di trasformazione* per l'adattamento del *cavo* all'*antenna*.

Saranno sempre assai rari i casi in cui si possano ricevere delle trasmissioni di *televisione*, o comunque in *onde ultracorte*, da molte direzioni; generalmente si potrà contare con la possibilità di ricevere al massimo un paio di stazioni. Ciò significa che non occorre affatto che l'*antenna ricevente* possegga una *caratteristica orizzontale circolare*; anzi, ciò non è nemmeno desiderabile. L'uso di un sistema direzionale assicura per se stesso una maggiore tensione d'entrata. Dalle spiegazioni sulle *antenne per radar* sapete che, per ottenere un sensibile guadagno d'energia, basta già una semplice asta disposta a mo' di *riflettore*. Anche per il *dipolo piegato* basta una semplice *asta passante* completamente separata dal cavo di discesa, come si vede nella fig. 32. L'asta è lunga $\lambda/2$ e si trova dietro al *dipolo*, ad una distanza di circa $\lambda/4$.

Molte antenne, soprattutto tra quelle costruite negli Stati Uniti d'America, posseggono un *motorino*, mediante il quale possono essere orientate nella direzione più favorevole. Spesso ciò può essere necessario per evitare certi disturbi. Non occorre pensare ai soliti disturbi da scariche elettriche; si possono avere degli *effetti fastidiosi* anche a seguito di *riflessioni multiple della medesima trasmittente*. Se le onde pervengono all'*antenna* per vie differenti, impiegano tempi differenti per i diversi percorsi. Ciò significa che *la stessa immagine* viene *riprodotta un'altra volta* in un tempo successivo. Questo *raddoppiamento dell'immagine* viene chiamato « *fantasma* ».

Per terminare, accenneremo a un altro sistema interessante per il miglioramento dell'*effetto direzionale*. Invece di un *riflettore*, si può far uso del cosiddetto « *direttore* ». Si tratta anche qui di una semplice *asta diritta*, che viene però posta *davanti al dipolo*, nella direzione d'arrivo delle onde. Essa è un po' più corta del *riflettore* e si pone a una distanza di circa 0,4 λ. Mentre il *riflettore* è sempre uno solo, si possono invece usare *parecchie aste direttrici*, ottenendo un ulteriore miglioramento della ricezione.

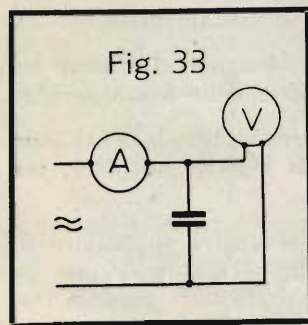
Vi abbiamo così dato le più importanti spiegazioni sulle *antenne di televisione*. L'uso di un'*antenna di ripiego* o *da camera* non è possibile che nelle immediate vicinanze della stazione trasmittente. Talora le particolarità costruttive del tetto consentono la sistemazione dell'*antenna* nel solaio, ma generalmente vale la pena di collocare una buona *antenna* sopra il tetto; in tal modo si fornisce al *ricevitore* un *segnale d'entrata* quasi totalmente *esente da disturbi*.

Domande

1. Come si dispongono i dipoli nell'antenna televisiva?
2. In che modo si può ottenere una buona caratteristica di irradiazione orizzontale, usando dei dipoli orizzontali?
3. Qual è la parte principale dell'antenna ricevente per televisione e onde ultracorte?
4. Come si fa a migliorare l'effetto direzionale, usando delle semplici aste?

TECNICA DELLE MISURE

MISURA DELLA CAPACITÀ E DELL'INDUTTANZA

Per terminare il Capitolo sulla *tecnica delle misure* ci occuperemo ancora una volta delle *induttanze* e delle *capacità*. Possiamo basarci sul principio che, data la *frequenza*, la *reattanza* dipende unicamente dal valore dell'*induttanza* o della *capacità*. La *reattanza di un condensatore* può, per esempio, esser determinata misurando una *tensione* ed una *corrente*, come risulta dalla fig. 33. Bisogna però badare che il voltmetro abbia un basso consumo di corrente, altrimenti il risultato rimane falsato. Se, per esempio, a 500 Hz e con una tensione di 50 V si ottiene una corrente di 70 mA, ciò corrisponde ad una *reattanza*

$R_{cap} = \frac{50}{0{,}07} = 714{,}3$ ohm. Poichè $R_{cap} = \frac{1}{\omega \cdot C}$, la *capacità* cercata si calcola come segue:

$$C = \frac{1}{\omega \cdot R_{cap}} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot R_{cap}} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 500 \cdot 714{,}3} = 0{,}446 \cdot 10^{-6}\ \text{F} = 0{,}446\ \mu F.$$

Nel campo delle *frequenze acustiche* si impiegano spesso dei *ponti di misura*. Vediamo subito lo schema di

un ponte di questo genere, per discuterne le cose essenziali (fig. 34). Il *ponte* è costituito da un *condensatore - campione* N, al quale è collegata in serie una piccola *resistenza* δ. Questa *resistenza* serve a compensare le perdite del *condensatore da misurare* X. Effettuata questa prima compensazione, si sposta il *cursore* lungo il filo *a-b* (*reocordo*), fino ad ottenere l'equilibrio del *ponte*. Per l'indicazione dello *zero*, ossia per determinare la *posizione d'equilibrio* del *ponte*, si impiega una *cuffia telefonica*, che viene inserita attraverso un *pulsante*. Come nel *ponte di Wheatstone* per resistenze ohmiche si ottiene, nella posizione di equilibrio:

$$X = N \cdot \frac{a}{b},$$

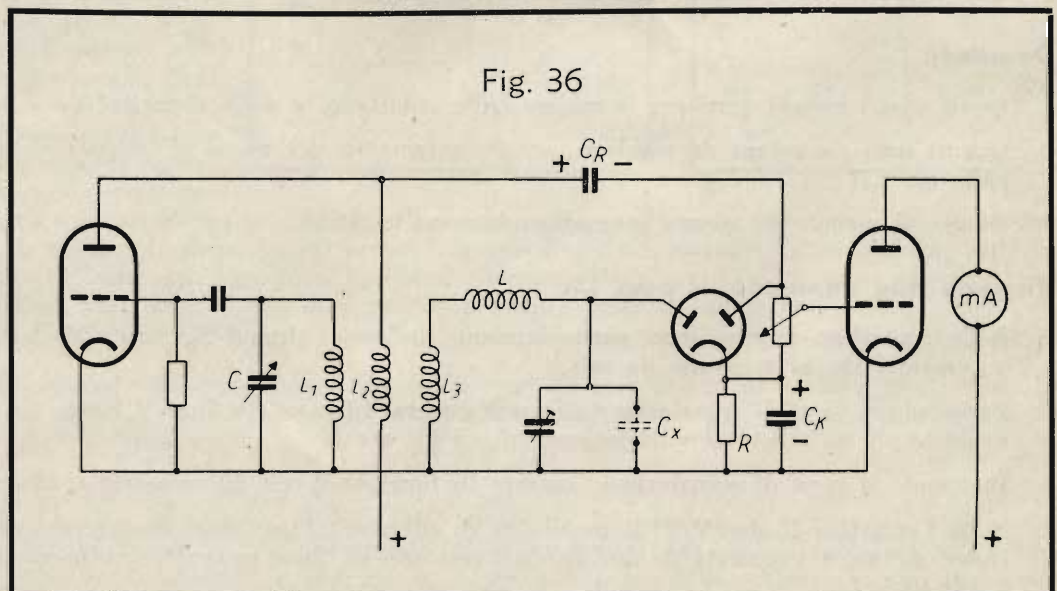
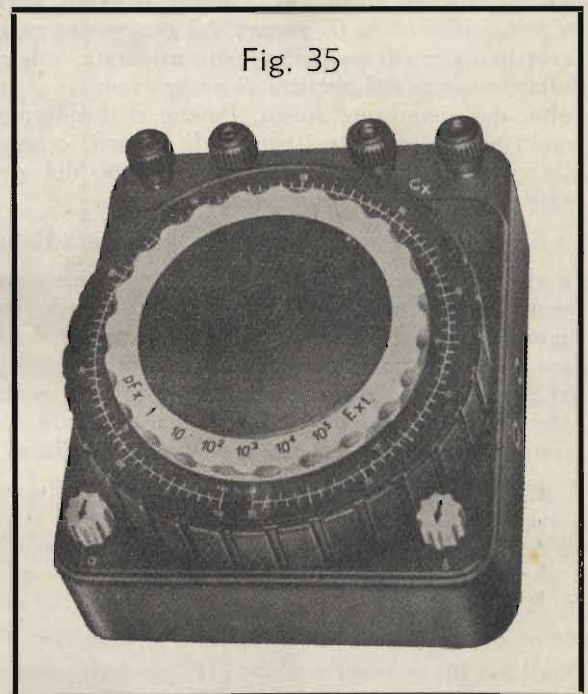
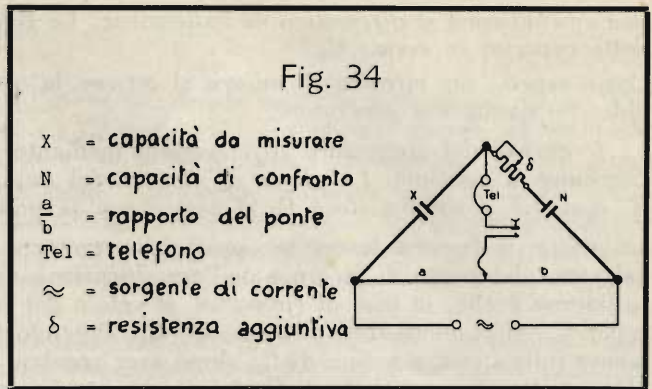
dove per a e b si possono inserire le *lunghezze parziali del filo*, naturalmente a condizioni che questo sia perfettamente omogeneo. Contrariamente al *ponte di Wheatstone*, ove c'è un solo organo da regolare, qui ce ne sono due: la resistenza δ e il *cursore* del reocordo. Bisogna pertanto regolare alternativamente ciascuno dei due organi, fino ad ottenere *il minimo suono nella cuffia; a equilibrio ottenuto, il suono scompare completamente*. Il *ponte* viene alimentato con un piccolo *generatore di frequenza acustica*, o con un *oscillatore a battimenti*, che si allaccia alle estremità del filo.

La fig. 35 mostra il *ponte* suddetto nell'esecuzione della ditta Trüb, Täuber e C. di Zurigo. L'*anello bianco* al centro serve per commutare il condensatore - campione N, in ragione di potenze decadiche, per la qual cosa *i valori della capacità possono essere letti direttamente sulla scala dell'anello nero esterno, e moltiplicati semplicemente per il fattore indicato sull'anello bianco*. La *cuffia telefonica* e il *generatore di frequenza acustica* vengono allacciati alle *prese laterali* (visibili a destra). I *bottoni bianchi*, situati negli angoli anteriori, sono il *regolatore della resistenza* δ (a destra) e il *pulsante per l'inserzione del telefono* (a sinistra). La coppia di *morsetti* in alto *a destra*, contrassegnata con C_x, serve ad allacciare il *condensatore da misurare*; i *morsetti a sinistra* servono invece ad allacciare un eventuale *condensatore-campione esterno* per il confronto.

In linea di principio è possibile costruire in maniera analoga anche un *ponte per la misura delle induttanze*.

Apparecchi di misura di L e C per AF.

Nella gamma delle *AF* si fa poco uso dei *sistemi a ponte*, poichè essi richiederebbero una notevole complicazione per la necessaria schermatura. Spesso però la tecnica delle misure in *AF* si giova del fenomeno della *risonanza*.

Le questioni essenziali si possono descrivere rapidamente. Le parti principali occorrenti per la misura della *capacità* sono visibili nella fig. 36. Il *triodo* a sinistra serve da *generatore d'AF*. Esso possiede un *circuito oscillante variabile di griglia C-L_1* e la *bobina di reazione L_2* nel *circuito anodico*. Il *circuito anodico*. Il *circuito di misura* (L_3, L, C_x) è alimentato attraverso a L_3, leggermente accoppiata ad L_2. Il *doppio diodo*, il *triodo* e lo *strumento a de-*

stra costituiscono il *dispositivo di indicazione*. La *frequenza di risonanza* del *circuito di misura* varia col valore della *capacità* in esame C_x.

Come sapete, nel *circuito di misura* si ottiene la *massima corrente*, quando la *frequenza di risonanza* coincide con *quella del generatore*.

La *frequenza del generatore* viene variata mediante il *condensatore C*, finchè l'energia nel *circuito di misura* raggiunge il massimo. La *placca di sinistra* del *doppio diodo* produce una *caduta di tensione* nella *resistenza* R, cosicchè il condensatore C_K si carica con la polarità indicata nello schema.

La *placca di destra* è invece accoppiata direttamente col *generatore* attraverso a C_R e serve a consentire la regolazione del *punto di lavoro* e dell'*amplificazione del triodo*, agendo sul *potenziometro*. La particolarità dello schema è che, in caso di *risonanza*, il valore del condensatore variabile C è legato in modo univoco con la capacità del condensatore da misurare C_x. Dotando C di una *scala graduata* è quindi possibile leggere direttamente sulla stessa il valore di C_x, dopo aver regolato in modo da ottenere la *risonanza*. *Per tarare l'apparecchio*, si allacciano al posto di C_x dei *condensatori-campione* e si provvede a suddividere uniformemente la *scala*.

Lo schema dell'apparecchio per la misura delle *induttanze* è basato sullo stesso principio. I suoi organi principali sono ancora il *generatore a frequenza regolabile* mediante azionamento di un *condensatore variabile*, e il *circuito di misura* con la *parte indicatrice*. Mentre però, per la misura della *capacità*, il *circuito di misura* va accoppiato *induttivamente*, per la misura dell'*induttanza* bisogna accoppiarlo nello stesso punto, ma *capacitivamente*. Con ciò si evita che l'accoppiamento possa dipendere dal valore da misurare.

Per esigenze di principio, l'accoppiamento deve essere assai leggiero, affinchè la *frequenza del generatore* non subisca delle variazioni per effetto dell'oggetto misurato, e la messa a punto della *risonanza del circuito di misura* non sia influenzata, a sua volta, dal *generatore* stesso. Poichè si desiderano degli apparecchi adatti *per estesi campi di misura*, occorre provvedere alla ripetuta commutazione delle *bobine* del *generatore* ed a varie modifiche nel *circuito di misura*.

Fig. 37

La fig. 37 mostra un *induttimetro* della ditta Rohde e Schwarz.

In alto esso porta la *scala tarata*, che viene manovrata simultaneamente al *condensatore variabile*, agendo sul *bottone* situato a destra. In mezzo c'è il *commutatore del campo di misura*, che effettua le necessarie commutazioni nel *generatore* e nel *circuito di misura*. A sinistra si trovano lo *strumento indicatore* e i *morsetti* per l'oggetto da misurare. Accanto c'è la *messa a punto* per l'eventuale *quarzo oscillante di controllo*.
A destra si trova, oltre agli *organi per l'alimentazione* (*cordone di rete, interruttore, lampadina spia*), il *regolatore* per la *polarizzazione di griglia dell'amplificatore d'indicazione*. È garantita la precisione di misura dell'1 %, il che è perfettamente sufficiente per la fabbricazione delle *bobine per AF*, tanto più che queste offrono generalmente la possibilità di una successiva messa a punto o, comunque, vengono inserite in circuiti ove la definitiva *messa a punto* avviene mediante aggiustaggio di *trimmers* (*condensatori compensatori*).

Qualsiasi buon laboratorio d'*AF* possiede oggi tanto l'*induttimetro*, quanto l'analogo *capacimetro*. Si noti anzi il fatto importante che, con questi apparecchi, la misura avviene proprio ad una frequenza vicina a quella a cui gli oggetti misurati dovranno poi essere impiegati in pratica.

Domande

1. Quali sono i metodi usati per la misura delle induttanze e delle capacità?
2. Quanti sono gli organi da regolare, per l'azzeramento del ponte di misura delle capacità rappresentato nella fig. 35?
3. Qual è il metodo di misura generalmente usato in *AF*?

Risposte alle domande di pag. 13

1. Nelle centraline interne sono particolarmente indicati i sistemi Siemens e Hasler, perchè hanno i selettori o cercatori che si muovono da soli.
2. Premendo il tasto di segnalazione si mette a terra il filo *a* della linea d'utente. In tal modo si provoca l'eccitazione di un relè differenziale inserito nei fili *a* e *b*.
3. Premendo il tasto di segnalazione, entrato in funzione il relè differenziale X e i due relè F e D_1 (risp. D_2).
4. Nella Centralina Hasler V/30 la possibilità di effettuare l'informazione interna, o di passare la comunicazione esterna, è assicurata da due speciali cercatori di linea, assegnati stabilmente alla linea esterna (ALS-1 e ALS-2).

TELEVISIONE

LA RIPRODUZIONE DELL'IMMAGINE

Lo scopo della *televisione* consiste, naturalmente, nella riproduzione più fedele possibile della scena ripresa. Conosciamo ormai abbastanza bene le singole parti del *ricevitore di televisione* e vogliamo quindi sapere quale qualità d'immagine possiamo attenderci, supponendo di disporre di elementi ben funzionanti.

Nel *sistema bianco e nero*, ormai già introdotto in diversi paesi, l'*immagine* si forma sullo schermo di un *tubo di Braun*. Tenendo conto del *rapporto normalizzato* dei lati (altezza : larghezza = 3 : 4), si ottengono nei normali *ricevitori domestici* delle immagini con dimensioni di 220 × 294 mm. Voi stesso potete constatare che, per osservare bene con un solo sguardo, e senza dover muovere la testa, un'immagine di queste dimensioni, bisogna mettersi a una distanza di un metro circa.

Come sapete, l'*immagine* è costituita da *singole linee* che vengono esplorate successivamente. Ogni linea viene esplorata in modo uniforme e riprodotta con un procedimento continuo. Le differenti linee vanno però collocate una sotto l'altra e sussiste naturalmente la possibilità che l'*immagine* dia l'impressione di essere *suddivisa in linee orizzontali*. Calcoleremo quindi quale sarà l'altezza di una linea, nel caso che valga la norma delle *625 linee*. Facciamo il conto, con prudenza, di *550 esplorazioni utili*, dato che il ritorno verticale fa sempre perdere un certo numero di linee; otteniamo un'altezza di $\frac{220}{550} \times 0{,}4$ mm.

L'occhio umano è in grado di discernere soltanto gli oggetti che gli si presentano sotto un angolo visivo minimo di un minuto (1/60 di grado). Dobbiamo quindi calcolare qual è l'angolo sotto il quale compare un arco di 0,4 mm, quando è osservato dalla distanza di 1 metro. Il procedimento di calcolo è mostrato dalla fig. 38. La circonferenza di un cerchio di 1 m di raggio è uguale a $2\pi \cdot 1 =$ = m 6,28 = mm 6 280, che corrispondono ad un angolo di 360°. L'arco di 0,4 mm corrisponde quindi ad un angolo di

$$\frac{0{,}4 \cdot 360^\circ}{6280} = \frac{144^\circ}{6280} = \frac{144 \cdot 60'}{6280} = 1{,}375'.$$

Come risulta da questo esempio, l'*altezza di una linea corrisponde approssimativamente al potere risolutivo dell'occhio*. Il calcolo ci dice che l'avvicinarsi maggiormente allo schermo, per riconoscere meglio i particolari, non serve. Infatti, avvicinandosi a meno di un metro, si riconoscono le singole linee e la possibilità di discernere meglio i dettagli si dimostra un'illusione. Capirete pertanto che, anche qualora si proiettino le immagini su schermi di dimensioni cinematografiche, tra gli spettatori e lo schermo bisogna sempre mantenere una certa minima distanza, che si può calcolare in modo analogo al precedente, partendo dalla maggiore altezza della linea.

Come sapete, il *sistema a linee alterne* ha contribuito a rendere le immagini di televisione quasi esenti da *scintillio*.

I *contrasti* ed i *dettagli* dell'*immagine* non dipendono però soltanto dal *numero di linee*, ma anche dal *potere risolutivo della camera di ripresa* e dall'*andamento uniforme di frequenza dell'amplificatore, soprattutto alle frequenze più elevate*. Mentre le *distorsioni dell'amplificatore* non provocano, in generale, che *errori di contrasto e di risoluzione*, le *deviazioni delle tensioni o correnti di deflessione* dalla forma a dente di sega sono causa di *deformazioni dell'immagine trasmessa*. Se la *deflessione orizzontale* avviene conformemente alla fig. 39, l'immagine rimane *allargata nella parte sinistra e contratta nella parte destra*. L'andamento della fig. 40 provoca invece il difetto inverso. La forma del *tratto di ritorno* non ha invece alcun effetto sull'immagine, poichè il ritorno avviene a raggio soppresso. Parlando dei *tubi d'immagine* discuteremo altri dettagli che influenzano la qualità della riproduzione.

I tubi di televisione

Il rapido sviluppo della *televisione* ha condotto anche in Europa alla costruzione di alcuni tipi speciali. La ditta Philips ha portato sul mercato alcune importanti novità, tanto nel campo dei *tubi d'immagine* che in quello delle normali *valvole amplificatrici*.

La MW 36–22

La fig. 41 mostra il moderno *tubo rettangolare Philips MW 36-22*. La designazione del tipo ha il seguente significato: *M* vuol dire *deflessione magnetica*; *W* si riferisce al colore *bianco* del quale si illumina lo schermo (in inglese « *white* » = *bianco*). Il numero *36* esprime il *diametro massimo* dello schermo in cm; il *secondo*

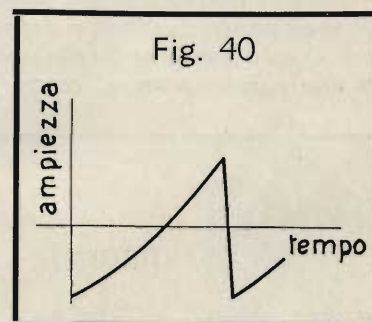
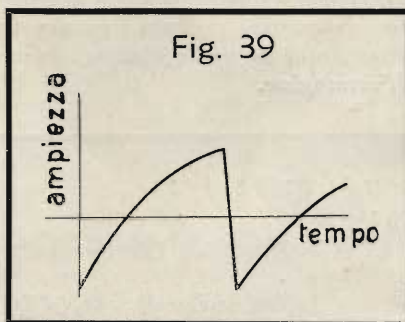
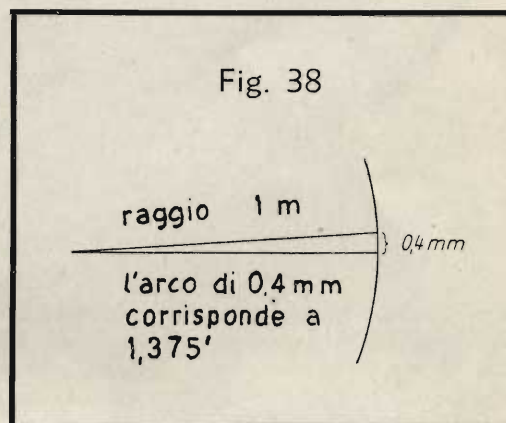
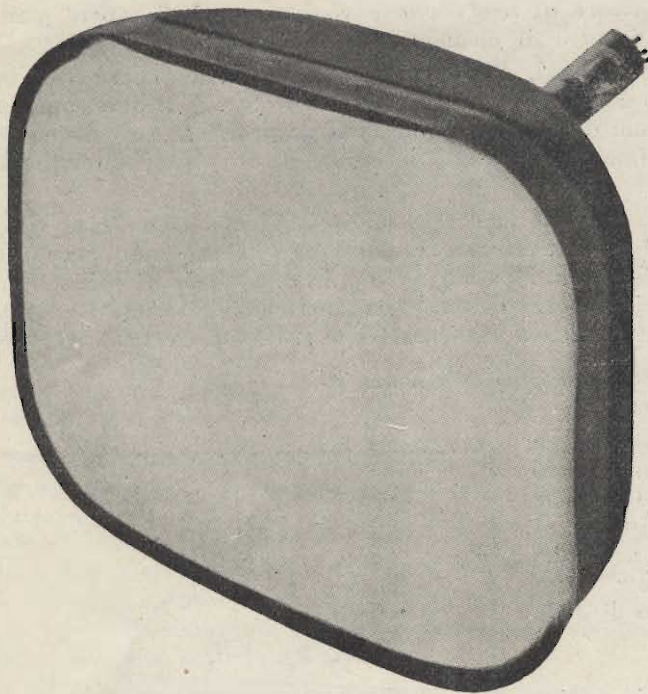



Fig. 41

numero contraddistingue il *modello* costruttivo. Lo stesso tubo può essere anche fornito con *vetro da filtro* ed è chiamata allora *MW 36-24.*

Vi daremo ora i principali dati elettrici di questo tubo. I singoli *elettrodi* sono indicati nella fig. 42. Per l'*accensione* occorrono 6,3 V e 0,3 A, corrente che viene usata generalmente per l'accensione in serie nei moderni *tubi televisivi*. La tensione dell'*anodo* a_2 contro il *catodo* k è di 10-14 kV, il che consente di ottenere una *grande luminosità* dell'immagine. L' *anodo ausiliario* a_1, che corrisponde alla *griglia-schermo dei tetrodi*, è posto alla tensione di soli 250 volt. Come nelle *valvole con griglia-schermo*, la corrente del raggio dipende meno dalla tensione di a_2 che da quella di a_1. Il suo *valore massimo* raggiunge *circa 0,5 mA*. La *deflessione magnetica* consente, applicando le necessarie ampère-spire, di condurre il raggio sopra tutta la superficie dello schermo. Data la forte deflessione occorrente (dovuta, oltre che alle grandi dimensioni dello schermo, al fatto che il tubo è relativamente corto), se si usasse il *metodo elettrostatico* occorrerebbe una *tensione a dente di sega* di circa 2 kV. Il *massimo angolo di deflessione orizzontale* raggiunge infatti i 65°. Anche la *concentrazione del raggio*, o messa a fuoco, viene ottenuta con un *campo magnetico* (v. Dispensa N. 22). Si impiega a questo scopo, secondo i casi, un *piccolo magnete permanente, spostabile*, oppure una *bobina percorsa da corrente continua regolabile.*

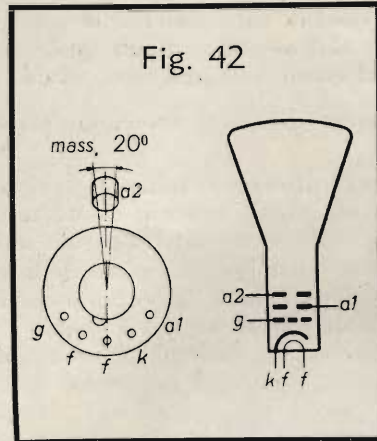



Fig. 42

Questo *tubo televisivo* contiene pure un importante dispositivo magnetico, che troviamo per la prima volta in un *tubo a raggi catodici*: il cosiddetto « *dispositivo di cattura degli ioni* ». Nei *tubi a catodo caldo* si producono infatti, oltre agli *elettroni*, anche delle *particelle materiali dotate di una carica elettrica, gli ioni*. Gli *ioni positivi* cadono sul *catodo* o sul *cilindro di Wehnelt* (*griglia*) e non danno luogo ad alcun disturbo. Nei *tubi a deflessione elettrostatica* nemmeno gli *ioni negativi* provocano alcun disturbo, perchè seguono la stessa traiettoria degli elettroni. Invece la *deflessione magnetica* quasi non agisce sugli ioni.

Di conseguenza nei *tubi a deflessione magnetica* gli *ioni negativi* vanno sempre a colpire il *centro dello schermo*. Questo continuo bombardamento, dopo un certo tempo, *danneggia lo schermo, provocando la formazione di una chiazza scura al centro dell'immagine.*

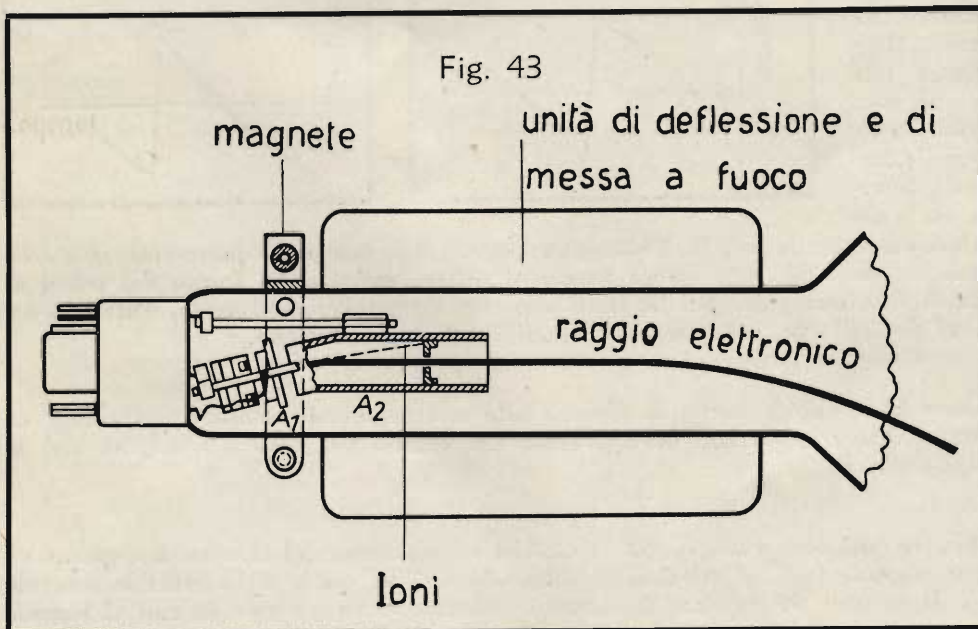



Fig. 43

Per eliminare l'inconveniente si sfrutta il *differente comportamento* degli *ioni* e degli *elettroni*. Come risulta dalla fig. 43, il *sistema generatore del raggio*, col *cilindro di Wehnelt* e il *primo anodo*, è montato nell'interno del tubo *in posizione inclinata*. Invece il *secondo anodo* è *coassiale col tubo di Braun*. Gli *elettroni* e gli *ioni negativi* escono dal sistema generatore del raggio diretti obliquamente verso l'alto. Immediatamente prima del *secondo anodo* si trova un *magnete permanente*, che devia gli *elettroni* verso il basso, dirigendoli attraverso l'apertura del *secondo anodo* e verso lo *schermo*. Invece gli *ioni negativi*

procedono in linea retta e vanno così a colpire il *secondo anodo*, senza poter più danneggiare lo schermo.

Anche lo *schermo* di questo tubo è degno di nota per la sua esecuzione. La produzione di *schermi quasi piani e di forma rettangolare richiese* un notevole studio di tecnica vetraria. Se lo *schermo* è *curvo* si hanno, non solo delle *deformazioni dell'immagine*, ma anche dei *disturbi del contrasto*, come risulta dalla fig. 44.

Il raggio incidente produce la fluorescenza dello schermo; se questo è curvo, la *luce dispersa* illumina posteriormente anche altri punti dello schermo, *disturbando la distribuzione dei chiaroscuri*. Sempre *per evitare la formazione di effetti di questo genere, le pareti del tubo sono curvate in modo, che non si possano avere delle riflessioni multiple tra lo schermo e le pareti*. Inoltre tutta *la parete posteriore del tubo* è ricoperta da uno *strato di grafite* che, essendo nera, assorbe la luce dispersa e, essendo conducente, viene *collegata con la terra* e serve da *schermatura* e da *protezione per l'osservatore* contro le alte tensioni agenti nell'interno del tubo.

Fig. 45

La fig. 45 mostra un *televisore Philips aperto*. La maggior parte dello spazio è occupata dal *tubo di immagine*, sul collo del quale sono visibili le *bobine di deflessione* e *di concentrazione*, nonchè il *magnete permanente* per la cattura degli *ioni negativi*. Balza inoltre agli occhi la *gabbietta* situata a destra; essa contiene l'*unità che produce la deflessione orizzontale;* date le altissime punte di tensione da essa originate, è necessario procedere alla *schermatura* del complesso. Le rimanenti *valvole* e i *filtri* sono distribuiti sul telaio dell'apparecchio, in modo da sfruttare lo spazio disponibile senza che abbiano a disturbarsi a vicenda. Come vedete per realizzare il miracolo della televisione occorre un bel numero di valvole.

Le valvole ausiliarie nell'amplificatore televisivo

Gli sviluppi della *televisione* hanno fatto sorgere non solo delle *valvole di nuove qualità*, ma addirittura una nuova serie.

Si è visto che nei *ricevitori televisivi*, i quali contengono una ventina di valvole, è conveniente inserire *i filamenti in serie* e alimentarli con una *corrente di 300 mA*. Sono sorte così le *valvole della serie P*, di cui la Philips produce finora cinque o sei tipi. Ci sono dapprima *due raddrizzatrici*, la *PY 80* e la *PY 82*. La *PY 80* viene usata soprattutto in uno schema speciale *per la produzione di corrente a dente di sega*. Parleremo nuovamente di questa valvola, usata come *diodo interruttore*, trattando dell'alimentazione del *televisore*. Recentemente è stata messa in vendita anche la Philips *PY 81*, che sostituisce la *PY 80* e ha la particolarità di *sopportare delle punte di tensione fino a 4,5 kV tra il catodo ed il filamento*. La *PY 82* è una normale *raddrizzatrice per la rete, a una via, a riscaldamento indiretto con una corrente di 300 mA*. La *tensione alternata d'entrata* è di 250 volt e la *massima corrente anodica* di 180 *mA*. È una *valvola in tutto vetro*, dotata del nuovo zoccolo *Noval* (fig. 46).

Fig. 46

Gli altri tre tipi sono dei *pentodi finali a pendenza relativamente elevata*. Anche queste valvole sono esternamente simili a quella della fig. 46.

La *PL 81* è stata sviluppata come *amplificatrice finale per la deflessione orizzontale*. Essa è capace di erogare per breve tempo *correnti con intensità fino a 380 mA*, quali occorrono per la *deflessione magnetica*, pur funzionando con *tensioni di placca e di griglia-schermo* relativamente modeste (inferiori ai 200 V). Il collegamento dell'*anodo* è situato in alto ed è così bene isolato, da sopportare delle *punte di tensione* fino a 7 kV, che si presentano nell'istante del ritorno della *corrente a dente di sega*. Nel *punto di lavoro* V_a = 170 V, V_{g2} = 170 V, I_a = 45 mA e V_{g1} = —22 V; la *pendenza* è S=6,2 mA/V. Naturalmente questa valvola speciale può essere utilizzata come *amplificatrice finale del suono*. *A questo scopo è però più strettamente destinata* la valvola *PL 82*, la quale è pure prevista *per bassa tensione anodica e di griglia-schermo*. Non servendo ad alcuno scopo speciale, la forma di questa *valvola in tutto vetro* e *con zoccolo Noval* è completa-

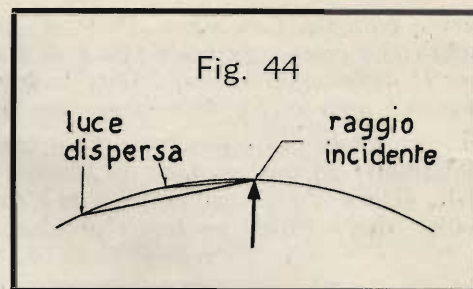
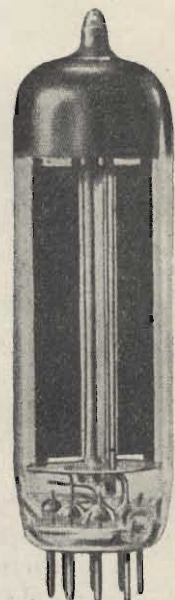
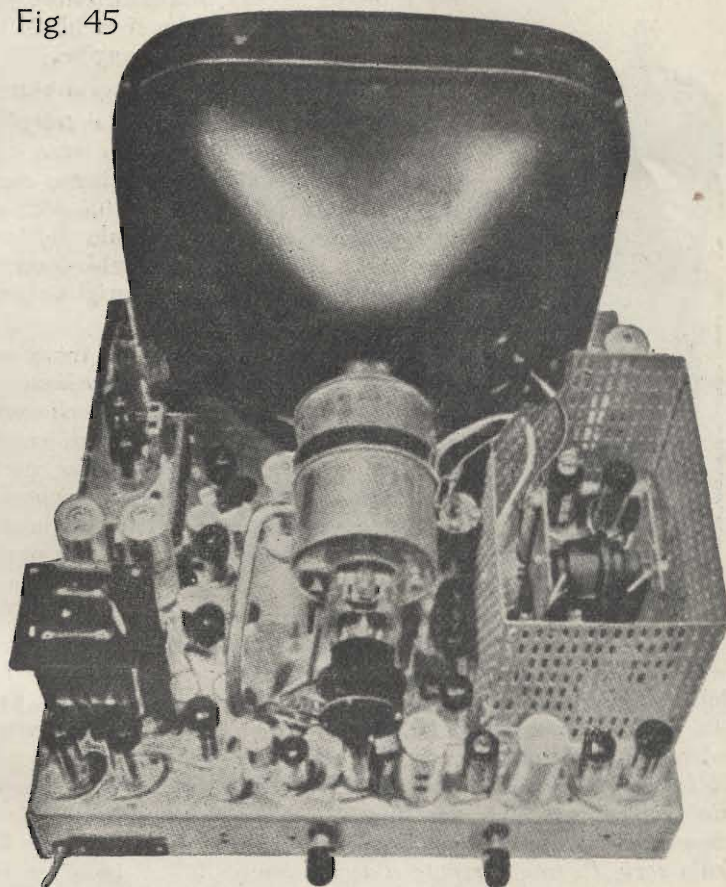
mente normale. Con $V_a = 170$ V, $V_{g2} = 170$ V, $I_a = 53$ mA e $V_{g1} = -10,4$ V si ottiene la *pendenza S* + 9,0 mA/V. La *potenza acustica* resa è di 4 watt. La *PL 82* viene usata volontieri anche come *amplificatrice finale per la deflessione verticale*. Data la *frequenza di deflessione* molto minore (50 Hz contro 15625 Hz per la *deflessione orizzontale*), le esigenze per questa applicazione sono molto meno spinte.

Ma *la valvola più interessante* di questa serie è la *PL 83*, che vi mostriamo nella fig. 47. Anche qui si è data importanza ad una *tensione di placca e griglia-schermo bassa*; infatti i 170 V si possono ottenere direttamente dalla rete a 220 V mediante un *raddrizzatore a una via*, senza bisogno del *trasformatore*. Le caratteristiche della valvola *PL/83* ne fanno un'ideale *amplificatrice per larga banda*. La *pendenza* raggiunge il valore notevole di $S = 10,5$ mA/V e la *resistenza interna* $R_i = 0,1$ MΩ è eccezionalmente elevata per un *pentodo finale*. Invece la *corrente anodica*, che per $V_{g1} = -2,3$ V è $I_a = 36$ mA, non è molto intensa, ma d'altronde, per il comando della luminosità, occorre soltanto la *tensione* ed è difficile che si richieda un passaggio di corrente tra il *cilindro di Wehnelt* ed il *catodo del tubo d'immagine*.

Fig. 47

La *PL 83* viene quindi impiegata come *Valvola Video*.

Le altre valvole importanti del *televisore* sono costruzioni speciali della *serie E*. La più importante è la *EF 80 in tutto vetro* e *con zoccolo Noval*. È il *pentodo per l'amplificatore in MF dell'immagine*. Si distingue anch'esso per l'elevata *pendenza* di 7,4 mA/V, con una resistenza interna $R_i = 0,5$ MΩ alla bassa *tensione anodica e di griglia-schermo* di 170 volt. Parlando in generale dell'*amplificatore per la televisione*, abbiamo fatto osservare che le bande estese richiedono *valvole di forte pendenza*. Per ottenerla, usando la solita *tensione anodica e di griglia-schermo* di 170 V, bisogna tollerare una *corrente anodica* di circa 10 mA.

Tra i tipi di nuovo sviluppo si trova anche un certo numero di *valvole doppie*. Per esempio la *ECL 80* (6, 3 V *d'accensione, triodo e pentodo finale*) serve soprattutto *per la generazione delle oscillazioni a rilassamento*, per la deflessione. Il sistema triodico può adempiere a moltissime funzioni, come *amplificatore di BF*, *amplificatore di sincronismo*, ecc. Data la sua *corrente anodica* particolarmente *bassa*, il *sistema pentodico* serve bene come *filtro d'ampiezza, per la separazione degli impulsi di sincronismo dal segnale d'immagine*. Come tutte le valvole della serie 80, essa è *in tutto vetro* e *con zoccolo Noval*. *Le pendenze* da 2 a 3 ma/V, come pure il *fattore d'amplificazione del triodo* ($\mu = 20$) sono normali.

Particolarmente importante è pure *ECC 81*, la *valvola tipica per le onde ultracorte*. I *due sistemi triodici* hanno i *catodi separati*; la struttura corrisponde alle esigenze esistenti per le *onde ultracorte*, tanto che si possono amplificare le frequenze fino a 300 MHz, ossia oltre l'intiero campo della *televisione*. La *ECC 81* è rappresentata nella fig. 48. Essa presenta una notevole *pendenza* ($S = 5,5$ mA/V alla *tensione anodica* di 170 V). D'altra parte anche per essa la *corrente anodica* non supera gli 8,5 mA. Questa valvola si impiega come *amplificatrice per onde ultracorte e in MF, nonchè come convertitrice, data l'assenza di fruscio*. L'elevata *pendenza* la rende ottima *per la costruzione di oscillatori per onde ultracorte*. Nello *stadio convertitore* uno dei due sistemi viene impiegato per la *generazione delle oscillazioni*, l'altro per la *conversione di frequenza*. Tutte queste valvole della *serie E* (*EF 80, ECL 80* ed *ECC 81*) hanno, come quelle della *serie P*, una *corrente d'accensione di 0,3 A* (con *tensione 6,3 V*).

Fig. 48

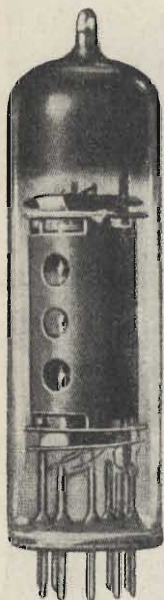
Con ciò abbiamo esaurito l'elenco principale delle valvole della serie 80 per *televisori*. La *EQ 80* è stata ampiamente descritta nella Dispensa precedente.

Per terminare, accenniamo ad un *diodo per alta tensione*, destinato alla *produzione della tensione anodica per il tubo d'immagine*: la *EY 51*. Essa *non possiede zoccolo* e viene *saldata direttamente ai conduttori*. Questa piccola valvola *blocca per breve tempo tensioni di 17 kV* e *può erogare una corrente anodica media di 0,2 mA*. Trattando dell'alimentazione del *ricevitore televisivo* ritorneremo sulla *EY 51*.

Domande

1) Perchè le immagini di televisione non vanno osservate molto da vicino?
2) Quali sono le cause delle deformazioni delle immagini nella televisione?
3) Perchè nella maggior parte dei tubi televisivi si fa uso della deflessione magnetica, non di quella elettrostatica?
4) Perchè la tensione anodica dei tubi d'immagine deve essere elevata?
5) A che scopo servono i campi magnetici applicati nell'interno del tubo d'immagine?
6) Indicate come esempio una valvola da usare per la parte in *AF* del ricevitore televisivo, e un'altra che sia adatta per l'Amplificatore Video; descrivete quali sono le proprietà che le rendono particolarmente adatte per questi scopi.

Risposte alle domande di pag. 18

1) La superficie piana dell'acqua quieta appare scura sullo schermo del radar, perchè l'acqua riflette le onde in direzione opposta a quella di provenienza, ed esse perciò non possono tornare al ricevitore.
2) L'uscita dell'amplificatore radar viene allacciata al cilindro di Wehnelt del tubo d'osservazione.
3) Per il radar panoramico si fa uso di un retino costituito da linee radiali.

4) L'apparecchio radar panoramico funziona con un solo sistema d'antenna, che viene commutato automaticamente dal trasmettitore al ricevitore. Infatti, per avere dei segnali univoci, il trasmettitore ed il ricevitore non possono funzionare contemporaneamente.

5) Il retino d'esplorazione nel radar è prodotto dall'antenna ruotante, che invia a impulsi un raggio localizzatore in tutte le direzioni orizzontali. L'esplorazione successiva dei punti giacenti nella medesima direzione, deriva dalla velocità costante delle onde elettromagnetiche, che colpiscono gli oggetti esplorati e ne vengono riflesse.

6) Lo schermo del tubo d'osservazione deve essere ricoperto di uno strato che assicuri una certa durata della luminescenza.

7) La precisione della misura di distanza col radar è di 70-100 m .

Risposte alla domande di pag. 20

1) Nell'antenna per televisione i dipoli vengono sempre disposti orizzontalmente.

2) Usando due dipoli incrociati si ottiene una caratteristica pressochè circolare.

3) La parte principale della moderna antenna di televisione e per onde ultracorte è il dipolo piegato.

4) Si ottiene un notevole miglioramento dell'effetto direzionale, disponendo delle semplici aste diritte dietro l'antenna (riflettore) o davanti ad essa (direttore).

Risposte alle domande di pag. 22

1) Per misurare le induttanze e le capacità si possono impiegare tre metodi: misurare la tensione e la corrente a frequenza nota, usare un ponte di misura e infine applicare il metodo della risonanza.

2) Il ponte capacimetrico della fig. 35 ha due organi da regolare: il cursore del raccordo e la resistenza variabile per la compensazione delle perdite nell'oggetto da misurare.

3) Nel campo dell'*AF* si lavora generalmente col metodo della risonanza.

Risposte alle domande di pag. 26

1) Le immagini di televisione vanno osservate ad una certa distanza minima, affinchè non siano visibili le singole linee, che disturberebbero l'effetto complessivo.

2) Sul tubo d'immagine si producono delle deformazioni, quando le correnti (o tensioni) di deflessione non seguono l'andamento a dente di sega.

3) Nella maggior parte dei tubi d'immagine si preferisce la deflessione magnetica, perchè consente di evitare l'impiego delle alte tensioni (fino a qualche kV) per la deflessione.

4) La tensione anodica elevata, impiegata nel tubo d'immagine, serve ad ottenere una sufficiente luminosità dell'immagine.

5) I campi magnetici nell'interno del tubo d'immagine servono, in primo luogo, per la deflessione orizzontale e verticale del raggio elettronico. Anche la concentrazione del raggio si effettua mediante un campo magnetico, p. es. nel tubo Philips MW 36-22 con un magnete permanente. Infine si impiega un magnete permanente per catturare gli ioni negativi. Invece non è possibile impiegare i campi magnetici per accelerare gli elettroni.

6) Un pentodo tipico per la parte in *MF* del ricevitore televisivo è la valvola *EF 80*; nell'Amplificatore Video si impiega invece la valvola finale *PL 83*. Proprietà importanti per l'uso nell'amplificatore a larga banda sono l'elevata pendenza (*EF 80* : $S = 7{,}4$ mA/V; *PL 83* : $S = 10{,}5$ mA/V) e la resistenza interna relativamente elevata (*EF 80* : $R_i = 0{,}5$ MΩ; *PL 33* : $R_i = 0{,}1$ MΩ).

L'ALIMENTAZIONE DEL RICEVITORE DI TELEVISIONE

L'*alimentazione* del *ricevitore televisivo* con tutti i suoi numerosi tubi elettronici non è una faccenda trascurabile. Tanto più che esso richiede anche una tensione di 10 kV per il *tubo d'immagine*. Voi penserete certamente che l'unica possibilità pratica sia quella di effettuare l'alimentazione dalla *rete a corrente alternata*. Come sarebbe altrimenti possibile di produrre 10 kV, se non esistesse un *trasformatore d'alimentazione?* Eppure l'evoluzione attuale, seguita per esempio dalla Philips, tende a realizzare degli apparecchi adatti per l'*alimentazione universale*. Spiegheremo subito in quale maniera si possa ottenere questo fine.

Dato il gran numero di valvole, si costituiscono generalmente *diversi circuiti d'accensione*. Collegando in serie delle *valvole E...* con *valvole P...*, bisogna inserire delle *resistenze* derivate in parallelo ai filamenti delle *valvole E...* per portare il consumo da 200 a 300 mA. Per la produzione della *tensione anodica* si usa la *raddrizzatrice* a una via *PY 82*, che può erogare 180 mA; anche questa corrente però, in molti casi, non basta e allora si è costretti a far funzionare *due PY 82 in parallelo*. A valle del *filtro di livellamento* si ottiene una *tensione continua* di 170-190 V.

Questa tensione è sufficiente per la maggior parte delle *amplificatrici* e *oscillatrici*; l'unica difficoltà è causata dai 10 kV. Dato però che la corrente richiesta è minima (una frazione di mA), l'*alta tensione* può essere ottenuta trasformando la *tensione alternata* prodotta da una *valvola oscillatrice* alimentata con 170 V. Normalmente questa tensione si preleva dal *generatore per la deflessione orizzontale*, che offre delle condizioni particolarmente favorevoli per la produzione dell'*alta tensione*.

Osserviamo lo *stadio finale del generatore per la deflessione orizzontale*, visibile nella fig. 49. Attraverso al *condensatore d'accoppiamento da 3 300 pF* viene applicata alla *griglia-pilota* della *PL 81* la *tensione alternata* proveniente dal *multivibratore*. La *resistenza da 1,5 kΩ*, direttamente allacciata alla *griglia*, serve ad evitare delle *oscillazioni parassite*, che potrebbero altrimenti manifestarsi con facilità, avendosi una *valvola finale di pendenza elevata*. La conseguenza della *tensione alternata* applicata alla *griglia-pilota* è una *corrente anodica a dente di sega* corrispondente a quella indicata nella fig. 50.

Quando si applica una *tensione sinusoidale* a una *bobina d'impedenza* o ad un *avvolgimento di trasformatore*, si ottiene una *corrente* pure *sinusoidale*; ma se si fa passare nella medesima *bobina* una *corrente a dente di sega*, si ottiene invece una *tensione di forma completamente diversa*, rappresentata nella fig. 51. Come risulta da tale figura, negli istanti in cui la *corrente* passa improvvisamente dal *valore negativo* a *quello positivo*, viene indotta una *forte punta di tensione*. Questa *punta di tensione* potrebbe avere delle conseguenze spiacevoli, se non le venisse data una possibilità di sfogo. Si potrebbe, per esempio, rendere innocua la *punta di tensione* mediante una *resistenza di smorzamento*. Naturalmente il riscaldamento di questa *resistenza* equivarrebbe ad una perdita di energia. Si è però trovato uno schema che consente di impiegare utilmente l'energia della *punta di tensione*. Ad una parte dell'*avvolgimento del trasformatore* usato come *impedenza anodica* della *PL 81* è allacciato un *diodo*, che deve presentare una speciale *rigidità contro le brevi punte di tensione*; è il cosiddetto « *diodo interruttore* » (« *booster* ») *PY 80*. Alla *frequenza* relativamente elevata della *deflessione orizzontale*, la *reattanza* del *condensatore C* è uguale a

$$R_{cap} = \frac{1}{2\,\pi\,.\,15\,625\,.\,0{,}056\,.\,10^{-6}} = 181{,}8 \text{ ohm.}$$

Il *diodo* è allacciato in modo che, durante la *punta di tensione*, il suo *anodo* è *positivo* e può quindi passare un *impulso di corrente*, che va a caricare il *condensatore* con la polarità indicata nella fig. 49. Ma poichè l'*anodo del diodo* è allacciato al *polo positivo della tensione continua* generata nell'*alimentatore*, questa *tensione* si somma alla *tensione applicata al condensatore C*, per la qual cosa il punto *A* viene a trovarsi alla tensione di 485 V verso *massa* o *terra*. I 485 *V* così ottenuti servono come *tensione anodica* per la *PL 81*, la *valvola finale per la deflessione orizzontale*. Inoltre questa *tensione* è applicata alla *placca della valvola finale per la deflessione verticale*, nonchè all'*anodo ausiliario del tubo d'immagine*. A questo modo si impiega utilmente l'energia, che altrimenti dovrebbe essere consumata senza scopo in una *resistenza di smorzamento*.

Vi sarà ormai facile immaginare come, per mezzo di un *trasformatore* e di un *raddrizzatore*, si possa generare l'*alta tensione di 10 kV*, partendo dalla *punta di tensione* indotta dalla *corrente per la deflessione orizzontale*.

Nello schema della fig. 49 si trova un altro particolare interessante, cioè l'*autotrasformatore*. I *trasformatori* che abbiamo studiato finora avevano tutti *un avvolgimento primario* e *uno o più avvolgimenti secondari*. L'*autotrasformatore* invece è un *trasformatore con un solo avvolgimento*. Possiamo comprenderne facilmente la struttura osservando la fig. 52. Dapprima abbiamo *due avvolgimenti separati* come in qualsiasi *trasformatore*; se entrambi posseggono lo *stesso numero di spire*, i *due avvolgimenti*, riunendo i *terminali centrali*, otteniamo tra le estremità la *tensione doppia*. Il tutto ricorda un *partitore di tensione*, con la sola differenza che questo non può fornire una tensione maggiore, se viene alimentato tra un'estremità ed il centro. Invece nell'*au-*

totrasformatore le *tensioni*, tra le diverse *prese*, stanno sempre tra loro *nel rapporto dei rispettivi numeri di spire*, tanto nel caso che l'*autotrasformatore* sia alimentato alle *estremità*, quanto in quello che venga alimentato attraverso due *prese intermedie* qualsiasi.

È ovvio quindi che l'*anodo* della *EY 51* sarà sottoposto ad una *punta elevatissima di tensione*, che caricherà il *condensatore da 1500 pF*. La combinazione *R-C*, anteposta a questo *condensatore*, ha una *funzione protettiva*, che qui non occorre esaminare. Da notare che il *condensatore da 1500 pF* è costituito dallo *strato conduttore interno, che ricopre la parete del tubo tra il secondo anodo e lo schermo, e dalla schermatura esterna dello stesso tubo di immagine*.

Per essere caricato a 10 kV è sufficiente un *condensatore da 1500 pF*, perchè la carica avviene con la frequenza di 15 625 Hz. Inoltre la *corrente media prelevata* è di 0,15 mA soltanto. Ciò corrisponde, data la tensione di 10 kV, ad una *resistenza di carico* di $\frac{10 \cdot 10^3}{0{,}15 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^7}{0{,}15} = 66{,}7\ M\Omega$. Si comprende che nelle pause di corrente il *condensatore* non si possa scaricare attraverso ad una *resistenza* talmente elevata.

Forse voi non sarete ancora del tutto soddisfatto e chiederete per quale ragione non si possa produrre l'*alta tensione* partendo dalla *corrente a dente di sega per la deflessione verticale*. O forse si è scelta la *deflessione orizzontale* a seguito di una decisione puramente casuale? Naturalmente no: la scelta è stata fatta per ragioni ben fondate. Voi sapete infatti che *la frequenza della deflessione verticale è molto bassa*: essa è di soli 50 Hz. La *punta di tensione* prodotta dalla *corrente a dente di sega* risulta pertanto *molto meno elevata*. Inoltre, a questa *frequenza così bassa*, occorrerebbero dei *condensatori molto più grandi*. Ma ciò non basta: anche l'*autotrasformatore* dovrebbe avere, a 50 Hz, un *numero molto maggiore di spire*, perchè alla *frequenza inferiore* l'*effetto induttivo è molto minore*. La scelta della *frequenza più elevata* consente quindi di risparmiare molto materiale.

Sarete quindi convinto che non è stato per una scelta arbitraria che si è adottato il *generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale* come produttore dell'*alta tensione* nei ricevitori di televisione per alimentazione universale; è stato invece per lo sfruttamento consapevole di alcuni vantaggi essenziali.

Tutte queste spiegazioni avranno certamente contribuito a darvi un'idea generale del funzionamento di un moderno *ricevitore di televisione*. Contrariamente alla radio nelle onde lunghe, medie e corte, *la televisione è ancora in fase di evoluzione*. L'industria deve fare ancora le sue esperienze, e può darsi che tra breve tempo molte cose siano cambiate. Il nostro compito è consistito pertanto unicamente nel darvi le basi necessarie per la comprensione di questo ramo della tecnica. Siete ora in grado di seguire voi stesso lo sviluppo della *televisione* e di giudicare da solo l'efficienza di nuovi schemi che verrete a conoscere.

Domande

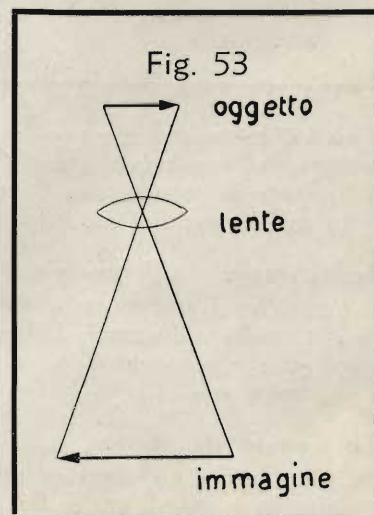
1) Come si chiama il diodo che serve per lo smorzamento dello stadio finale per la deflessione orizzontale?
2) Quanti e quali diodi sono alimentati dal generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale?

IL MICROSCOPIO ELETTRONICO

LE POSSIBILITÀ DEL MICROSCOPIO ELETTRONICO

Vi vogliamo ora descrivere uno strumento interessantissimo che, sfruttando le leggi dei *raggi elettronici*, svela all'occhio umano il mondo meraviglioso dell'estremamente piccolo, il microcosmo. Il *microscopio elettronico* non appartiene, in realtà, alla tecnica delle telecomunicazioni; tuttavia esso costituisce un'applicazione dell'*elettronica* ed è perciò giusto che ce ne occupiamo nell'ambito di questo Corso. Prima di passare alla descrizione di questo strumento, dobbiamo chiarire quali siano i suoi scopi e quale lacuna esso sia destinato a colmare.

La parola « *microscopio* » designa uno *strumento che consente di osservare gli oggetti estremamente piccoli* (in greco « *micros* » = *piccolo* e « *scopein* » = = *guardare*). Il *microscopio* usato finora si dovrebbe chiamare, a rigore, « *microscopio ottico* », perchè si giova dei *raggi luminosi*, mentre il *microscopio elettronico* impiega, per l'ingrandimento, dei *raggi di elettroni*. La fig. 53 mostra l'effetto della *lente di vetro*, organo principale del *microscopio ottico*. La luce proveniente dall'*oggetto* viene raccolta dalla *lente*, la quale dirige i raggi in modo, da produrre un'*immagine ingrandita*. Per ora non vogliamo nemmeno considerare un apparecchio ottico composto di diverse lenti; ci accontentiamo dell'ingrandimento semplice, ottenuto con una sola lente.

Forse avete già sentito parlare dell'*ingrandimento enorme* che si può ottenere col normale *microscopio ottico* e credete perciò che il *microscopio elettronico* non sia che un passatempo scientifico, senza reale giustificazione. I progressi nella fabbricazione delle *lenti di vetro* hanno reso possibile la scoperta dei *microbi*; si è giunti perfino a vedere le *molecole più grosse*. Si sapeva però che molte malattie non sono causate da un *microbo*, ma da un agente ancora più piccolo, un cosiddetto « *virus* », che sfuggiva a tutte le indagini del *microscopio ottico*.

Come già sapete, la *luce* è un'*onda elettromagnetica*, ossia una *perturbazione dell'etere*. La *lunghezza delle onde luminose* è però *piccolissima*; per esempio, per la *luce verde* essa è di $5 \cdot 10^{-4}$ mm, ossia di *mezzo millesimo di millimetro*. Quando col *microscopio ottico* si vollero osservare dei corpuscoli più piccoli ancora di circa mezzo millesimo di millimetro, ci si accorse che ciò era impossibile.

Infatti, *quando un oggetto è più piccolo della lunghezza d'onda luminosa, esso non disturba la propagazione della luce; le onde troppo « lunghe » ignorano semplicemente l'esistenza di tale oggetto*. Effettivamente usando della *luce con lunghezza d'onda ancor più breve* (per esempio *i raggi ultravioletti*), fu possibile osservare delle *particelle più piccole ancora*; i *raggi ultravioletti* possono infatti esser deviati mediante *lenti di vetro*, ottenendo così degli *ingrandimenti*. La *scoperta dei raggi X*, o *raggi Röntgen*, che posseggono delle lunghezze d'onda ancora più minuscole, fece sperare di poter continuare su questa strada. Fu purtroppo una amara delusione, poichè non si trovò alcun mezzo che consentisse di far convergere i *raggi X*, come i raggi luminosi con le lenti; pertanto è impossibile impiegare questi raggi per produrre un ingrandimento.

I fisici scopersero poi che anche i *raggi di elettroni* seguono delle *leggi analoghe a quelle della luce*. Impiegando delle *tensioni abbastanza elevate per l'accelerazione degli elettroni*, si ottengono dei *raggi di elettroni velocissimi, la cui lunghezza d'onda è, su per giù, ben 100 000 volte inferiore a quella della luce visibile*. Rispetto ai *raggi Röntgen*, i *raggi elettronici* hanno però il vantaggio di *poter essere deviati mediante campi elettrici o magnetici*. *Se gli elettroni sono guidati in modo analogo ai raggi luminosi della fig. 53, si produce una « immagine » ingrandita*. Vedremo presto come si possa ottenere un'immagine reale e utilizzabile.

LA STRUTTURA DEL MICROSCOPIO ELETTRONICO

Il catodo

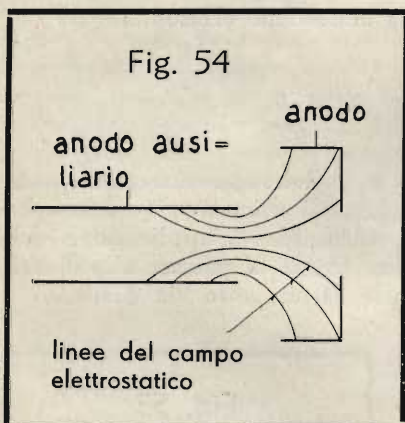
Il *microscopio elettronico* abbisogna, ovviamente, di una *sorgente abbondante e sicura di elettroni*. Naturalmente è possibile usare a questo scopo un *catodo caldo*: è questa la soluzione prescelta dalle case germaniche costruttrici di *microscopi elettronici*. La casa svizzera che fabbrica questi strumenti (Trüb, Täuber & C.) ha seguito invece un'altra via.

Per ottenere le necessarie *elevatissime velocità degli elettroni*, occorrono *tensioni dell'ordine di 50 kV*; in queste condizioni sussiste la possibilità di usare un *catodo freddo*. Questo ha il vantaggio di essere *meno sensibile alle tracce d'aria*, mentre *i catodi caldi vengono distrutti da eventuali entrate d'aria nella camera elettronica*. L'*emissione del catodo* è provocata dagli *ioni* che, accelerati dall'alta tensione applicata, vanno a colpirlo, facendone *spruzzar fuori* gli *elettroni*. Si è poi trovato che, anche col *catodo*, *la velocità degli elettroni* è sufficientemente uniforme per poter ottenere un *raggio di elettroni utilizzabile*.

Le lenti elettriche e magnetiche

Il principio della *lente elettrica* è già stato menzionato in relazione all'*oscillografo a raggi catodici*; ricapitoliamolo in poche parole, con l'aiuto della fig. 54. L'*anodo* e l'*anodo ausiliario* costituiscono insieme una *lente elettrostatica*. Ai due *elettrodi* sono applicate delle *tensioni differenti*, cosicchè si formano le *linee di forza indicate nella figura*. L'andamento di queste linee fa sì che gli *elettroni* che giungono *da sinistra* vengano deviati *verso l'asse del dispositivo*, come in una *lente convergente*. La *distanza focale* della *lente elettronica* può essere variata comodamente (però solo entro limiti ristretti) regolando il valore delle *tensioni* applicate. A parte questa possibilità di regolazione, sussiste un'ampia analogia con la *lente ottica*; il dispositivo serve pertanto egregiamente per ottenere degli *ingrandimenti* con l'aiuto dei *raggi elettronici*.

Fig. 54

anodo
anodo ausi=
liario
linee del campo
elettrostatico

La *lente magnetica* invece viene usata nella forma da noi già descritta, in relazione ai *tubi di ripresa* e *di riproduzione* per la *televisione*. Alimentando con *corrente continua* un'apposita *bobina*, si produce un *campo magnetico* parallelo all'*asse del dispositivo*. Con questo mezzo gli *elettroni* sono costretti a muoversi lungo *traiettorie elicoidali*.

La *linea elicoidale* è però costituita da uno *spostamento* e da una *rotazione*. Le *lenti magnetiche* consentono quindi anch'esse di ottenere degli *ingrandimenti*, in quanto che producono la *deflessione dei raggi*; nello stesso tempo però, provocano sempre una *rotazione dell'immagine*. Questo inconveniente non è tuttavia tale da limitare molto le possibilità d'impiego della *lente magnetica*, dati i suoi *vantaggi*, dovuti soprattutto alla *grande facilità di regolare la distanza focale* e quindi l'*ingrandimento*.

Lo schermo dell'immagine

È ovvio che il *microscopio elettronico* debba presentare la possibilità di osservare l'immagine prodotta dai *raggi elettronici* influenzati dall'oggetto in esame. Esiste perciò uno *schermo*, analogo a quello del *tubo a raggi catodici*, che consente di *osservare direttamente l'immagine*, a meno che non si voglia eseguire la *fotografia dell'ingrandimento*.

Le pompe da vuoto

Se si vuole che gli *elettroni* obbediscano sicuramente ai *campi elettrici* e *magnetici*, bisogna che *l'intiera loro traiettoria, e quindi anche l'oggetto in osservazione, si trovi nel vuoto*.

Il *microscopio elettronico* è sempre fornito delle apparecchiature occorrenti per creare il *vuoto*, a differenza dei tubi elettronici, che vengono evacuati una volta sola in fase di fabbricazione. La ragione di questo provvedimento è che il *microscopio* deve sovente essere aperto e allora è necessario produrre nuovamente il vuoto. Inoltre vi sono diverse *finestre* e *giunture* che non chiudono tutte a tenuta perfettamente stagna; perciò, quando si usa il *microscopio*, la *pompa da vuoto* dev'essere continuamente in funzione. Fino ad ora per ottenere il necessario *vuoto spinto*, che corrisponde ad una pressione da 10^{-3} a 10^{-4} mm di colonna di mercurio, bisogna procedere in due tappe.

Il *vuoto preliminare* viene prodotto da una *pompa incapsulata* di costruzione relativamente semplice. Essa è costituita da una *camera cilindrica*, entro la quale ruota un *tamburo eccentrico*, che chiude la camera in alto. Nel *tamburo* è fissata una *serranda* divisa in due parti, che viene premuta da apposite *molle* contro le *pareti del recipiente*, in modo da *dividere la camera in tre parti*. Quando la *serranda è verticale*, l'aria entra nella parte sinistra e viene poi espulsa attraverso il foro d'uscita, a destra, per effetto della rotazione del *tamburo* con la *serranda*.

Anche la cosiddetta « *pompa molecolare* », per l'*alto vuoto*, si presenta esternamente di forma molto simile; il funzionamento però è differente. Anche qui c'è però un *tamburo* che ruota entro un *recipiente cilindrico*. In questo caso, però, la distanza delle due parti è minima. Nella *parete del recipiente* è praticata una *cava a spirale*; il *tamburo*, ruotando a grande velocità, trascina per attrito le *molecole d'aria*, succhiandole dal *tubo* che collega la *pompa* alla *camera del microscopio*; le *molecole* si riversano nella *cava a spirale*, dalla quale passano alla *pompa preliminare*. Non è possibile addentrarci qui maggiormente nei dettagli costruttivi di queste pompe.

Per il funzionamento del *microscopio* occorre infine un *impianto ad alta tensione*, perchè gli effetti voluti si ottengono soltanto usando *elettroni molto veloci*. La *tensione occorrente*, da 40 a 60 kV, viene prelevata da un *complesso raddrizzatore trasportabile*.

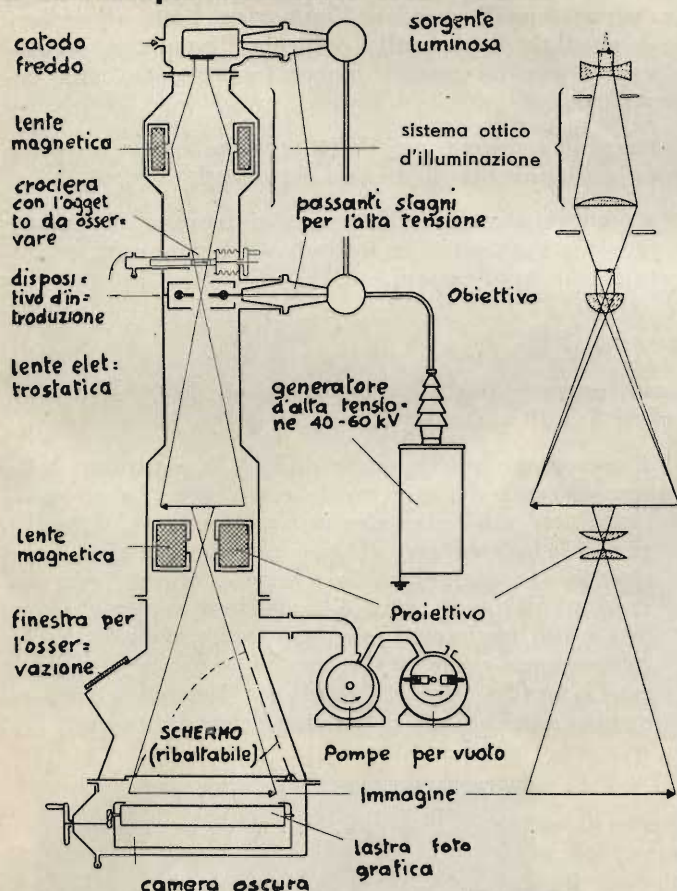



Fig. 55

I primi apparecchi efficienti vennero costruiti in Germania e più tardi in America. La ditta zurighese Trüb, Täuber & C. costruì nel 1945 un *microscopio che rappresentava un notevole progresso*. La fig. 55 ne mostra schematicamente la struttura e il percorso dei raggi.

A destra è schizzato un *sistema ottico*, che illustra molto bene, per analogia, l'effetto delle *lenti elettrostatiche* e *magnetiche*. La fig. 56 mostra l'aspetto esterno del *microscopio elettronico*. Anche a prima vista è evidente la grande differenza rispetto al *microscopio ot-*

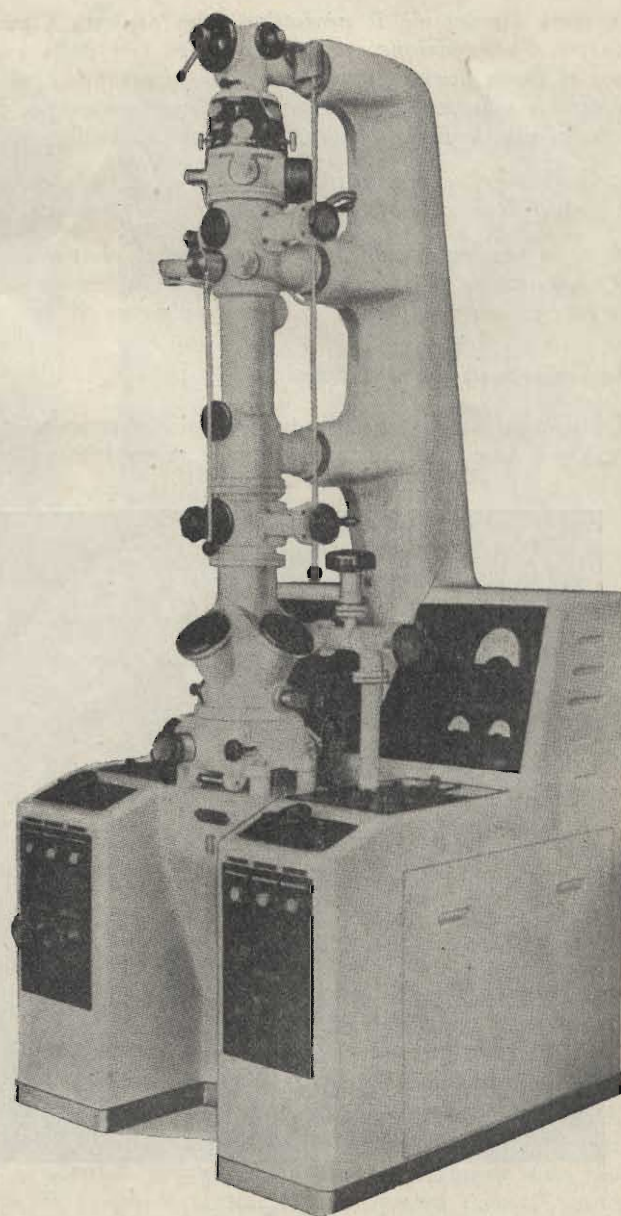



Fig. 56

tico, dovuta essenzialmente al *percorso molto più lungo dei raggi* ed agli impianti abbastanza voluminosi per l'*alta tensione* ed il *vuoto*.

Al vertice dell'apparecchiatura si trova il *catodo freddo*, che corrisponde alla *sorgente luminosa del microscopio ottico*. Segue la *prima lente magnetica*, rappresentata nello schema dalle *bobine*, la quale dirige il *raggio di elettroni* sull'*oggetto* da osservare. Per introdurre l'*oggetto* nel *vuoto* c'è uno *speciale dispositivo* a doppia chiusura, che consente di sostituire l'*oggetto* senza dover evacuare nuovamente l'intiera camera.

È di enorme importanza la possibilità di *spostare con estrema esattezza la cosiddetta crociera*, che porta l'*oggetto* da osservare. Se si pensa che l'apparecchiatura consente di attuare degli *ingrandimenti di 10 000 volte*, è facile comprendere che deve esser possibile spostare l'oggetto, in modo continuo, anche *per frazioni* di $\frac{1}{1000}$ *mm*. Con *ingrandimento di 10 000 volte*, la superficie di *1 mm*^{2} diventa nientemeno che *100 m*^{2}, ossia 1 aro. La ricerca dei punti interessanti dell'*oggetto* richiede perciò un'abilità speciale. La *messa a punto* avviene per mezzo di *pistoni azionati idraulicamente*; le viti micrometriche e gli ingranaggi non consentirebbero infatti di ottenere la precisione necessaria. Per facilitare il comando del *meccanismo di messa a punto* dal posto d'osservazione, le *tubazioni d'olio* sono condotte al basso, ove si trovano i *bottoni di comando*, che consentono di effettuare la manovra con facilità.

Dopo la *crociera* i raggi incontrano il *dispositivo vero e proprio di ingrandimento*. Qui si impiegano *lenti elettrostatiche*, poichè la qualità dell'immagine dipende molto dall'esattezza delle lenti. Come in qualsiasi microscopio, anche in questo è indispensabile avere la possibilità di *mettere a fuoco l'oggetto*. A questo scopo è previsto un *terzo organo meccanico*, azionabile dal basso mediante un'*asta* il quale, attraverso un *meccanismo di leve*, solleva o abbassa l'*oggetto* da osservare.

A metà altezza c'è il *proiettivo*, che proietta l'*immagine* sullo *schermo* nell'ingrandimento ottenuto. *Tre finestre d'osservazione*, praticate su tre lati della *custodia*, permettono di guardare l'*immagine*. Sotto allo *schermo* si trova anche un *apparecchio fotografico*, col quale è possibile fissare sulla pellicola l'immagine ingrandita. Lo *schermo ribaltabile* serve, nel contempo, da *coperchio* per *la camera fotografica*. Accanto alla *custodia* sono indicate schematicamente, nella fig. 55, le *pompe da vuoto*.

Nella fotografia dell'impianto (fig. 56) si vede anche il *tavolo di manovra per l'alta tensione e per la messa a punto delle correnti* nelle *bobine di deflessione*, con tutti gli strumenti di misura occorrenti.

Il *tubo verticale anteriore* è la *camera elettronica*, all'estremità inferiore della quale si trovano le *finestre d'osservazione*. Con questa descrizione abbiamo ottenuto una visione tecnica complessiva del *microscopio elettronico* e possiamo passare ad esaminarne il funzionamento e le applicazioni.

La microscopia elettronica

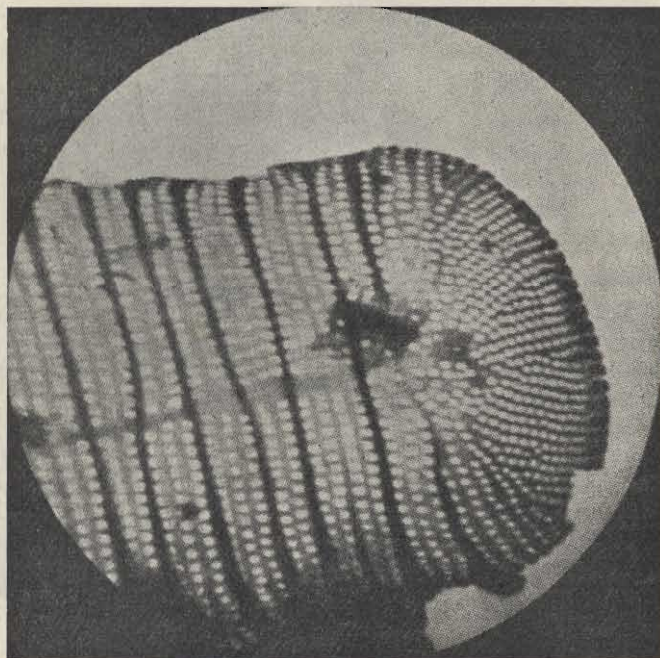
Come abbiamo detto, col *microscopio elettronico* si possono ottenere degli *ingrandimenti di 10 000 volte*. Si può poi fare un ulteriore *ingrandimento fotografico* di *altre 5 o 10 volte* .

L'operazione più lunga e difficile è costituita dalla preparazione dell'*oggetto* da esaminare. La *riproduzione* non può essere che *in bianco e nero*, dato che per gli *elettroni* non ci sono che due possibilità: o riescono a raggiungere lo *schermo*, oppure vengono arrestati dal preparato. *Gli elettroni vengono assorbiti molto facilmente, contrariamente ai raggi X che attraversano anche molti corpi opachi*. Se il preparato è troppo spesso, i raggi non riescono a passare e sullo schermo non si ottiene alcuna immagine. Per

Fig. 57

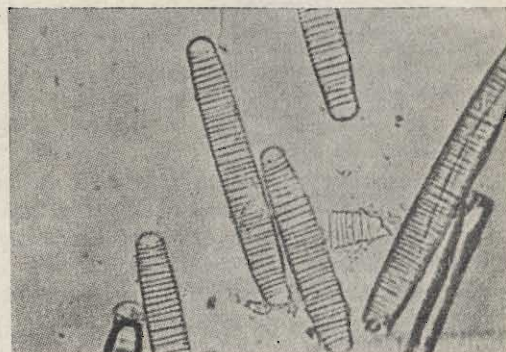



Fig. 58

poter osservare degli oggetti col microscopio elettronico si dovette sviluppare tutta una nuova tecnica speciale.

L'*oggetto* viene applicato su un *foglio sottilissimo e trasparente di collodio*, che serve da supporto. Questo foglio viene preparato lasciando cadere una goccia di soluzione diluita di *collodio* sopra una superficie d'*acqua distillata*. Il *collodio* si espande e forma una *pellicola dello spessore di pochi centimillesimi di millimetro*. La *pellicola* viene raccolta su una *reticella metallica finissima*, ove si asciuga. Volendo esaminare, per esempio, i *particolari di un pulviscolo*, come il *nerofumo*, lo si lascia depositare sulla *pellicola di collodio*. In certi casi si può anche *sciogliere nell'acqua il materiale da esaminare*, per applicarlo sulla *pellicola* di supporto, da cui si lascia poi evaporare l'acqua. Il *microscopio elettronico* di Trüb, Täuber consente di effettuare dapprima un *ingrandimento minore*, per poter osservare l'*oggetto* nel suo assieme e ricercare i punti che meritano di essere sottoposti a maggior ingrandimento. A questo scopo, si toglie dapprima la *lente di proiezione* (*proiettivo*), ottenendo così sullo *schermo* un'*immagine meno ingrandita*.

Per mostrarvi i risultati ottenuti col *microscopio elettronico*, riportiamo alcune fotografie di ingrandimenti.

La fig. 57 rappresenta il *guscio di un'alga d'acqua dolce* (*diatomea*), ingrandito 10 500 volte. Si vedono benissimo i numerosi *pori*, che presentano in parte una forma rettangolare. Ed ora guardate la fig. 58.

Sono *diatomee*, come quella della fig. 57, ma fotografate con un comune *microscopio ottico*, con ingrandimento di *circa 600 volte*. Si vedono soltanto i contorni delle alghe e le linee trasversali; i *pori* sono completamente invisibili. Nella fig. 57 si vede soltanto la « *testa* » di una *diatomea*.

Fig. 59

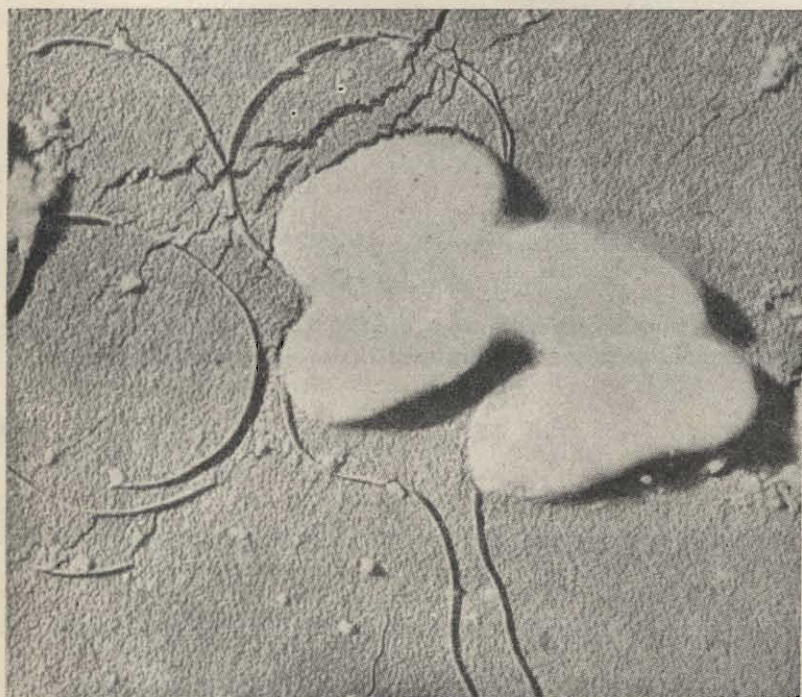



Fig. 60

Volendo osservare dei *batteri*, i contrasti naturali spesso non sono sufficienti. Nella *microscopia ottica* si ricorre, in questo caso, all'artificio della *colorazione* del preparato. Col *microscopio elettronico* questo metodo non dà risultati, poichè la lunghezza d'onda dei *raggi elettronici* è molto più corta di quella dei *raggi luminosi*, che soli possono provocare la *sensazione dei colori*. Si procede invece all'applicazione di *sali di metalli pesanti*.

Naturalmente non si ottiene una *colorazione*, ma l'effetto è un *miglioramento dei contrasti*. Spesso si adotta anche un altro metodo, consistente nell'*investire il preparato con un getto di vapori di metalli pesanti*, come *oro, cromo, palladio*, ecc., diretto obliquamente.

Sulle *parti in rilievo del preparato* si deposita allora uno *strato sottilissimo di metallo, dello spessore di pochi milionesimi di millimetro*, mentre le *parti scavate* non sono esposte ai vapori e rimangono pulite. *Le parti sulle quali si è depositato lo strato metallico non lasciano passare gli elettroni e appaiono pertanto nere nell'immagine ingrandita*. La fig. 59 mostra l'ingrandimento di un preparato ottenuto con questo procedimento.

L'effetto plastico è strabiliante. Si tratta di un *batterio* ingrandito 35 000 volte; il minuscolo essere spicca chiaramente sul fondo; si vedono distintamente i suoi cosiddetti « *flagelli* » (i lunghi « *baffi* »): pare veramente vivo.

Come ultimo esempio mostriamo nella fig. 60 l'ingrandimento di 20 000 volte di alcune *fibre di viscosa* (*seta artificiale*). Ciò che a occhio nudo pare una stoffa a superficie liscia, si dimostra un intreccio complicatissimo a maglie strettissime.

Vi abbiamo così mostrato alcuni esempi di applicazione del *microscopio elettronico*. Naturalmente esistono infiniti casi nei quali il *microscopio elettronico* può rivelare dei segreti importantissimi, sia nell'industria che nella medicina. Lo sviluppo di questo strumento è ancora agli inizi e ci premeva soprattutto di accendere il vostro interesse per questo campo della tecnica. Fra l'altro va menzionato il fatto che il *microscopio elettronico* consente di produrre anche delle *immagini di diffrazione*, importanti soprattutto *per il controllo dei materiali* (*pezzi fusi o fucinati in ghisa, acciaio*, ecc.), senza che si debba procedere alla loro distruzione.

Domande

1. Perchè i corpuscoli piccolissimi non si possono osservare col microscopio ottico?

2. Perchè i raggi X non servono per ottenere degli ingrandimenti?

3. Perchè la camera del microscopio elettronico deve essere evacuata?

4. Quali sono i due tipi di lenti impiegate nel microscopio elettronico?

5. Quali metodi si applicano per migliorare i contrasti nei preparati da usare per il microscopio elettronico?

Risposte alle domande di pag. 29

1. Il diodo di smorzamento dello stadio finale per la deflessione orizzontale si chiama « diodo interruttore » o « booster ».

2. Il generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale alimenta due diodi: il diodo interruttore e il raddrizzatore d'alta tensione per la produzione della tensione anodica per il tubo d'immagine.

Risposte alle domande di pag. 34

1. Col microscopio ottico non è possibile osservare dei corpuscoli di dimensioni inferiori alla lunghezza d'onda della luce usata.

2. I raggi X non consentono di ottenere degli ingrandimenti perchè non vengono deviati da nessuna lente.

3. La camera del microscopio elettronico deve essere evacuata, perchè altrimenti gli elettroni verrebbero assorbiti o deviati dalla loro traiettoria regolare, a causa delle collisioni con le molecole d'aria.

4. Nel microscopio elettronico si impiegano lenti elettrostatiche e magnetiche.

5. Per migliorare i contrasti, i preparati da usare nel microscopio elettronico vengono impregnati con sali metallici o ricoperti con un velo di metallo pesante, proiettato di sbieco; sotto forma di vapore, sulla superficie del preparato.

COMPITI

I compiti di questa Dispensa vi danno la possibilità di dimostrare ancora una volta, a voi stesso ed a noi, le vostre conoscenze in tutti i rami del Corso ora terminato.

1. Qual è la resistenza in esercizio di una lampadina a incandescenza, se con una tensione di 220 V vi passa una corrente di 0,25 A?

2. Una bobina d'impedenza è allacciata alla rete a corrente alternata, a 50 V. Si misura un'intensità di corrente di 0,2 A e si trova che la corrente segue la tensione con un angolo di sfasamento di 80°.

   a) Determinate il fattore di potenza.

   b) Qual è la potenza attiva assorbita dall'impedenza?

3. Un condensatore è collegato in parallelo ad una resistenza di 4000 ohm. La frequenza è di 500 Hz. Qual è la capacità del condensatore, dato che l'impedenza del complesso è di 2500 ohm?

4. Calcolate l'ammettenza del complesso risultante dal collegamento in serie del condensatore e della resistenza citati nel Compito N. 3.

5. Dato lo schema della fig. 20 della Dispensa N. 15, i valori delle resistenze siano i seguenti: $R_1 = 500$ ohm, $R_2 = 1200$ ohm ed $R_3 = 1000$ ohm. La tensione è $V = 145$ volt. Calcolate tutte le correnti e le tensioni che si manifestano in detto schema.

6. Una valvola è allacciata a 200 V. Per ridurre la tensione di griglia-schermo a 120 V, occorre una resistenza addizionale di 60 kΩ. Qual è la corrente di griglia-schermo?

7. Qual è la polarizzazione di griglia che si produce automaticamente in un pentodo, se la resistenza catodica di 500 ohm è attraversata da una corrente anodica di 3,5 mA e da una corrente di griglia-schermo di 0,5 mA?

8. Qual è la frequenza di risonanza e la resistenza di risonanza di un circuito oscillante in parallelo, con $L = 0{,}18$ mH, $C = 250$ pF ed $R_L = 8$ ohm?

9. Determinate la pendenza, il fattore d'amplificazione e la resistenza interna del triodo *AC 2* nel punto di lavoro $I_a = 4{,}85$ mA, $V_a = 220$ V, $V_{g1} = -5$ V. (Dispensa N. 13, fig. 1).

10. Qual è la pendenza dinamica di un triodo con $S = 2{,}2$ mA/V e $\mu = 25$, quando si usa una resistenza anodica di 25 kΩ?

11. Calcolate l'amplificazione di un pentodo con $S = 3$ mA/V, $R_i = 1{,}2$ MΩ e con la resistenza anodica $R_a = 80$ kΩ.

12. Come mai un raddrizzatore può dare origine a fastidiosi disturbi radio?

13. A quali valori sono riferiti i livelli normali?

14. Che significa un livello normale di potenza di + 1,5 neper?

15. Perchè i normali cavi telefonici hanno un'attenuazione molto maggiore di quella delle linee aeree?

16. Perchè il telefono e la telescrivente non si fanno concorrenza, costituendo invece l'uno un prezioso complemento dell'altra?

17. Quali sono i sistemi di telefonia automatica impiegati in Svizzera e per quali particolarità si distinguono l'uno dall'altro?

18. Quali sono le parti essenziali e le applicazioni dei cronometri a quarzo?

19. Perchè i tubi di riproduzione per la televisione devono possedere una luminosità molto maggiore di quella dei tubi per gli oscilloscopi a raggi catodici?

20. Come mai bisogna porre tanta cura per produrre e sincronizzare il retino dell'immagine nei ricevitori televisivi?

21. Sia dato un fattore di distorsione dell'8 %. L'ampiezza della 2ª, 3ª e 4ª armonica sia rispettivamente di 2,8 mA, 1,2 mA e 0,5 mA. Altre armoniche non esistono. Si calcoli l'ampiezza della fondamentale.

22. Spiegate le differenti esigenze che si pongono agli amplificatori per il suono e agli Amplificatori Video.

23. Calcolate l'impedenza della combinazione catodica rappresentata nella fig. 12 di questa Dispensa, alle frequenze di 1000 Hz e di 2000 kHz. Che cosa se ne deduce?

24. Perchè, quando si usano dei cercatori di linea a rotazione con 30 posti e dei numeri di chiamata a due cifre, è necessario procedere alla registrazione degli impulsi di selezione ed alla marcatura della posizione finale del cercatore?

25. Spiegate perchè nel radar la frequenza degli impulsi non deve essere troppo elevata; servitevi per chiarire le cose di due esempi, corrispondenti alle frequenze d'impulsi di 10 kHz e di 2 kHz.

26. Spiegate brevemente i vantaggi e gli svantaggi delle antenne per onde ultracorte e per televisione, in paragone alle antenne per le normali gamme di radioaudizione.

27. Nelle misure di capacità o di induttanza, secondo il metodo della risonanza, quale dev'essere l'accoppiamento tra il generatore ed il circuito di misura?

28. Spiegate lo scopo ed il funzionamento del dispositivo di cattura degli ioni.

29. Quale resistenza va messa in parallelo al filamento di una *EF 12* (V_f = 6,3 V, I_f = 200 mA), qualora lo si voglia alimentare in serie con valvole del tipo *p* (I_f = 300 mA)?

30. Spiegate come mai, per la produzione dell'alta tensione nei ricevitori televisivi, si impieghi il generatore a rilassamento per la deflessione orizzontale e non quello per la deflessione verticale.

31. Come mai è possibile ottenere degli ingrandimenti, impiegando i raggi elettronici, nel microscopio elettronico?

32. Su che cosa è fondata la superiorità del microscopio elettronico rispetto al microscopio ottico?

DISPENSA N°. 25

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE

COMMIATO

Quest'ora, nella quale ricevete l'ultima Dispensa del Corso di Tecnica delle Telecomunicazioni, non è per voi, caro allievo, un'ora come tutte le altre. È un'ora di festa. L'opera che avete cominciato molti mesi or sono è ora portata a termine. Con tenace fatica avete imparato gli elementi fondamentali della Tecnica delle Telecomunicazioni e della Radio e avete acquistato conoscenze che, per la maggior parte dei vostri colleghi, rappresentano « un libro con sette sigilli ». Siete ora in grado di risolvere, anche teoricamente, qualsiasi problema che vi può venir posto e siete in grado di lavorare rapidamente e con sicurezza anche in nuovi campi.

Questo è l'aspetto culturale del vostro studio. C'è però anche un altro lato, che vogliamo sottolineare: *il vostro carattere.*

A che serve un utensile senza la mano che lo maneggia? E cosa sarebbe questo Corso, senza l'uomo che, con perseveranza, lo ha studiato e assimilato?

Certo, anche l'utensile dev'essere buono. Noi tutti, che abbiamo collaborato alla compilazione di questo Corso, speriamo che esso abbia corrisposto alle vostre aspettative; lo speriamo per la bellezza del compito che ci siamo proposti.

Ma siete voi che ci avete seguiti senza bisogno dell'indice ammonitore dell'insegnante. Voi potevate contare solo su voi stesso. Il fatto che, in tali condizioni, siate giunto fino al traguardo, vi dà diritto di provare un sentimento di grande soddisfazione. Voi potete essere orgoglioso del sapere che vi siete procurato; ma dovete anche essere orgoglioso — a pieno diritto — della fiducia che avete acquisito in voi stesso.

Festeggiate in tranquillità questo momento destinato ai ricordi. Ma non dimentichiamo i compiti che ci attendono nel futuro. Forse di alcuni argomenti non sarete così sicuro come desiderereste.

Riprendete questi Capitoli e ristudiateli fino a che anch'essi non siano divenuti un patrimonio non smarribile del vostro spirito. Prendete anche qualche libro tecnico che approfondisca i problemi che più frequentemente vi si presentano nella vostra attività professionale. Continuate a lavorare con la medesima lena che vi spingeva nello studio, ormai felicemente terminato.

I nostri migliori auguri vi accompagnano.

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE GENERALE ALFABETICO DELLA MATERIA TRATTATA

(Nota: il primo numero indica la Dispensa, il secondo la rispettiva pagina).

B

C

D

E

F

G

H

I

K

L

M

Q

R

S

T

ELENCO DELLE FORMULE CONTENUTE NELLE DISPENSE DEL CORSO «TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI»

ORDINATE SECONDO L'ARGOMENTO

LEGGE DI OHM

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Corrente continua e corrente alternata in ciruiti non induttivi			
Intensità di corrente	$I = \frac{V}{R}$	(2)	3-8
Tensione	$V = I \cdot R$	(3)	3-8
Resistenza	$R = \frac{V}{I}$	(4)	3-8

Per i circuiti a corrente alternata contenenti induttanze e capacità vedasi le formule a pagg. 24 e 25.

POTENZA E LAVORO ELETTRICI

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
a) Corrente continua e corrente alternata in circuiti senza reattanze			
Potenza	$P = V \cdot I$	(6-*a*)	4-12
Intensità di corrente	$I = \frac{P}{V}$	(6-*b*)	4-12
Tensione	$V = \frac{P}{V}$		
Lavoro	$L = P \cdot t = V \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{V^2}{R} \cdot t$	(6-*c*)	4-13
b) Corrente alternata in ciruiti induttivi			
Potenza apparente	$N_{app} = V \cdot I = V_{eff} \cdot I_{eff}$	(52)	13-19
Potenza attiva	$N_{eff} = V \cdot I \cdot \cos \varphi = N_{app} \cdot \cos \varphi$	(51)	13-18
Potenza reattiva	$N_r = V \cdot I \cdot \text{sen}\, \varphi = N_{app} \cdot \text{sen}\, \varphi = P \cdot \text{tg}\, \varphi$	(53)	13-19
Lavoro	$L = V \cdot I \cdot t \cdot \cos \varphi$		
Potenza	1 *CV* = 736 *watt*	(7-*a*)	4-13
Potenza	1 *kW* = 1,36 *CV*	(7-*b*)	4-13
Potenza	1 *CV* = 75 *kgm/sec*	(8)	4-14

CALCOLO DELLA RESISTENZA

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Resistenza	$R = \frac{\varrho \cdot l}{q}$	(24)	9-23
	$R = \frac{l}{\varkappa \cdot q}$	(25)	9-24
Sezione del conduttore	$q = \frac{\varrho \cdot l}{R}$	(24-*a*)	9-23
	$q = \frac{l}{\varkappa \cdot R}$	(25-*a*)	9-24
Lunghezza del conduttore	$l = \frac{R \cdot q}{\varrho}$	(24-*b*)	9-23
	$l = R \cdot \varkappa \cdot q$	(25-*b*)	9-24
Resistività	$\varrho = \frac{R \cdot q}{l}$	(24-*c*)	9-23
Conduttività	$\varkappa = \frac{l}{R \cdot q}$	(25-*c*)	9-24

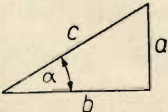
Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Resistenza a una temperatura qualsiasi	$R_t = R\ (1 + at)$	(26)	9-25
	$R_t = R\ [1 + a\ (t_2 - t_1)]$	(26-*a*)	9-25
COLLEGAMENTO IN SERIE (vedasi anche a pag. 28)			
Tensione complessiva	$V = v_1 + v_2 + v_3 + \dots$	(12-*a*)	5-16
Resistenza complessiva	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	(12-*b*)	5-17
Induttanza complessiva	$L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$	(14)	6-22
Capacità complessiva	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	(18)	7-13
Resistenza ohmica, induttanza e capacità in serie:			
Impedenza	$Z = \sqrt{R^2_{att} + (R_{ind} - R_{cap})^2}$		
Rapporto	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{G_2}{G_1}$		
COLLEGAMENTO IN PARALLELO (vedasi anche a pag. 28)			
Corrente complessiva	$I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots$	(9)	5-15
Resistenza complessiva	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$	(10)	5-15
Resistenza complessiva di due resistenze	$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	(57)	15-10
Conduttanza complessiva	$G = G_1 + G_2 + G_3 + \dots$	(11)	5-15
Induttanza complessiva	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$	(15)	6-23
Capacità complessiva	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	(17)	7-13
Rapporto di due resistenze	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{G_1}{G_2}$	(22)	8-12
Ammettenza (circuito induttivo)	$Y = \sqrt{G^2_{att} + G^2_{ind}}$	(58-*a*)	16-7
Ammettenza (circuito capacitivo)	$Y = \sqrt{G^2_{att} + G^2_{cap}}$	(58-*b*)	16-7
Impedenza (circuito induttivo)	$Z = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R^2_{att}} + \frac{1}{R^2_{ind}}}}$	(59-*a*)	16-7
Impedenza (circuito capacitivo)	$Z = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R^2_{att}} + \frac{1}{R^2_{cap}}}}$	(59-*b*)	16-8
CORRENTE ALTERNATA			
Corrente efficace	$I_{eff} = 0{,}707 \cdot I_{max}$	(49)	13-18
Tensione efficace	$V_{eff} = 0{,}707 \cdot V_{max}$	(50)	13-18
Potenza apparente	$N_{app} = V \cdot I = V_{eff} \cdot I_{eff}$	(52)	13-19
Potenza attiva	$N = V \cdot I \cdot \cos\varphi = N_{app} \cdot \cos\varphi$	(51)	13-18
Impedenza (circuito induttivo)	$Z = \sqrt{R^2_{att} + R^2_{ind}}$	(53)	13-19
Impedenza (circuito capacitivo)	$Z = \sqrt{R^2_{att} + R^2_{cap}}$	(48)	13-12

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Angolo di fase	$\cos\varphi = \frac{R_{att}}{Z} = \frac{N}{N_{app}}$		
	$tg\,\varphi = \frac{R_{ind}}{R_{att}}$	(47)	13-12
Valore istantaneo della corrente alternata	$i = I \cdot sen\,\alpha$	(39)	11-16
INDUTTANZE (Bobine)			
Induttanza	$L \approx k \cdot w_1^2 \cdot D^2 \cdot l \cdot 10^{-8}$ [H]	(16)	7-3
Reattanza induttiva	$R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L$ [ohm]	(27)	10-12
	$R_{ind} = \omega \cdot L$	(28)	10-13
Tensione autoindotta	$v_L = I \cdot \omega \cdot L$ [volt]		
Potenza reattiva induttiva	$P_r = \frac{V^2}{\omega \cdot L}$		
CAPACITA' (Condensatori)			
Capacità del condensatore a piastre .	$C = \frac{\Delta \cdot A}{d}$	(20)	7-17
Conduttività dielettrica	$\Delta = \varepsilon \cdot \Delta_0$	(19)	7-16
Reattanza capacitiva	$R_{cap} = \frac{2\pi \cdot f \cdot C}{1}$	(29)	10-13
	$R_{cap} = \frac{1}{\omega \cdot C}$	(30)	10-13
Potenza reattiva capacitiva	$P_r = V^2 \cdot \omega \cdot C$		
RADIOTECNICA			
Frequenza	$f = \frac{300\,000\,000}{\text{lunghezza d'onda (m)}}$ [Hz]	(5-*a*)	4-9
Lunghezza d'onda	$\lambda = \frac{300\,000\,000}{\text{frequenza } (Hz)}$ [m]	(5-*b*)	4-9
Formula oscillatoria di Thomson Frequenza	$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$ [Hz]	(40)	11-24
Lunghezza d'onda	$\lambda = 6\pi \cdot 10^8 \cdot \sqrt{L \cdot C}$ [m]	(41)	11-24
Resistenza di risonanza	$R_{ris} = \frac{L}{C \cdot R}$	(61)	17-23
TUBI ELETTRONICI			
Intraeffetto	$D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$	(31)	10-27
Fattore d'amplificazione	$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} = \frac{1}{D}$		
Pendenza	$S = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$	(32)	10-19

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Resistenza interna	$R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$	(33)	10-20
Formula di Barkhausen	$D \cdot S \cdot R_i = 1$	(34)	10-21
	$\mu = S \cdot R_i$	(34-*a*)	10-21
Tensione anodica continua	$V_a = V_b - I_a \cdot R_a$	(43)	12-21
Tensione anodica alternata	$v_a = - i_a \cdot R_a$	(44)	12-21
Amplificazione	$a = \frac{v_a}{v_g}$	(45)	12-21
Corrente anodica alternata	$i_a = S_D \cdot v_g$	(54)	14-4
Pendenza dinamica	$S_D = S \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_a}{R_i}}$	(55)	14-4
Amplificazione di tensione	$\frac{v_a}{v_g} = - S_D \cdot R_a$	(56)	14-4
Velocità degli elettroni	$v = 395 \cdot \sqrt{V_a}$ [*km/sec*]	(66)	19-14
ONDE ULTRACORTE			
Portata delle onde ultracorte . . .	$r = 3{,}57 \sqrt{h}$ [*m*] [*km*]	(69)	23-2
LINEE AEREE E CAVI			
Impedenza caratteristica	$= \sqrt{\frac{Induttanza/\text{km}}{Capacità/\text{km}}}$	(60)	17-17
Attenuazione	$b' = \lg \frac{P_1}{P_2}$ [*bel*]	(62)	18-10
Attenuazione	$b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2}$ [*neper*]	(63)	18-11
Attenuazione	$b = \ln \frac{V_1}{V_2}$ [*neper*]	(64)	18-12
Attenuazione al km	$\beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{Resistenza del filo al km}}{\text{Impedenza caratteristica}}$ [*neper/km*]	(67)	20-2
Attenuazione al km	$\beta = \sqrt{\frac{2 \pi f \cdot RC}{2}}$ [*neper/km*]	(68)	20-2
Livello di potenza	$p = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0}$ [*neper*]	(65)	18-13

TECNICA DELLE MISURE

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Resistenza addizionale per l'allargamento del campo di misura . . .	$R_s = R_i \cdot (n - 1)$	(21)	8-10
Resistenza in derivazione per l'allargamento del campo di misura . . .	$R_p = \frac{R_i}{n - 1}$	(23)	8-12
Determinazione della resistenza mediante il ponte di Wheatstone	$R_x = \frac{R \cdot r_2}{r_1}$	(42)	12-19
Determinazione della resistenza col metodo della indicazione diretta . . .	$R_x = R_i \cdot \left(\frac{V}{v} - 1\right)$	(46)	13-5

TRASFORMATORI

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Rapporto di trasformazione . . .	$r = \frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$	(13)	5-21
Rapporto fra le tensioni	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$		
Rapporto fra le correnti	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1}$		

PLANIMETRIA

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Circonferenza del circolo	$C = \pi \cdot d = 3{,}14 \cdot d$	(1)	1-6
Area del cerchio	$A = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} = d^2 \cdot 0{,}785$		
Diametro del cerchio	$d = \sqrt{\frac{4\ A}{\pi}}$		

TRIGONOMETRIA

c, a, α, b

Grandezza da determinare	Formula	Formula N.°	Dispensa e pagina
Seno	$= \frac{\text{cateto opposto}}{\text{ipotenusa}} = \frac{a}{c}$	(35)	11-6
Coseno	$= \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}} = \frac{b}{c}$	(36)	11-6
Tangente	$= \frac{\text{cateto opposto}}{\text{cateto adiacente}} = \frac{a}{b}$	(37)	11-7
Cotangente	$= \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{cateto opposto}} = \frac{b}{a}$	(38)	11-7

ELENCO DEI SIMBOLI LETTERALI IMPIEGATI NELLE FORMULE

Simbolo		Significato
A	=	area
a	=	lato del triangolo
a	=	amplificazione
b	=	attenuazione (neper)
b	=	lato del triangolo
b'	=	attenuazione (bel)
C	=	capacità
C	=	circonferenza
c	=	ipotenusa del triangolo rettangolo
CV	=	cavallo vapore
D	=	diametro della bobina solenoidale
D	=	infraeffetto
d	=	diametro in generale
F	=	farad
f	=	frequenza
$f.e.m.$	=	forza elettromotrice
G	=	conduttanza
G_{att}	=	conduttanza attiva
G_{cap}	=	suscettanza capacitiva
G_{ind}	=	suscettanza induttiva
H	=	henry
Hz	=	hertz
h	=	altezza
I	=	intensità di corrente
I_a	=	corrente anodica continua
I_{att}	=	corrente attiva
I_{eff}	=	corrente efficace
I_g	=	corrente di griglia
I_{max}	=	corrente massima
I_r	=	corrente reattiva
i	=	corrente singola o parziale
i	=	valore istantaneo della corrente
i_a	=	corrente anodica alternata
k	=	fattore di forma delle bobine d'induzione
L	=	induttanza
L	=	lavoro
l	=	lunghezza
N	=	potenza
N_{app}	=	potenza apparente
N_{eff}	=	potenza attiva
		(N, N_{app}, N_{eff}: simboli usati nei testi tedeschi, meglio usare P)
n	=	numero di giri
P	=	potenza in generale
P_{app}	=	potenza apparente
P_{att}	=	potenza attiva
P_r	=	potenza reattiva
p	=	livello di potenza (neper)
q	=	sezione di un conduttore
R	=	resistenza (talvolta anche reattanza)
R_a	=	resistenza anodica
R_{att}	=	resistenza attiva
R_{cap}	=	reattanza capacitiva
R_i	=	resistenza interna
R_{ind}	=	reattanza induttiva
R_p	=	resistenza in parallelo o derivatore
R_{ris}	=	resistenza di risonanza
R_s	=	resistenza in serie o resistenza addizionale
R_t	=	resistenza alla temperatura t
R_x	=	resistenza incognita
r	=	raggio
r	=	portata delle onde ultracorte
r	=	resistenza singola o parziale
r	=	rapporto di trasformazione
S	=	pendenza
S_D	=	pendenza dinamica
s	=	sec = secondo
t	=	temperatura
t	=	tempo
U	=	tensione (usato talvolta invece di V)
V	=	tensione
V_a	=	tensione anodica continua
V_B	=	tensione della batteria
V_e	=	tensione ai morsetti
V_{eff}	=	tensione efficace
V_g	=	tensione continua di griglia
V_{max}	=	valore massimo della tensione alternata
v	=	tensione singola o parziale
v	=	velocità
v_a	=	tensione anodica alternata
v_g	=	tensione alternata di griglia
v_L	=	tensione di autoinduzione
v_R	=	caduta di tensione ohmica
W	=	watt
w	=	numero di spire
w_l	=	numero di spire per cm di lunghezza del solenoide
Y	=	ammettenza
Z	=	impedenza
α	=	coefficiente di temperatura
α	=	angolo del triangolo
β	=	attenuazione al km (neper/km)
	=	angolo del triangolo
γ	=	angolo del triangolo
Δ	=	differenza
Δ	=	conduttività dielettrica
Δ_o	=	conduttività dielettrica del vuoto
ε	=	costante dielettrica
$\varkappa$	=	conduttività
λ	=	lunghezza d'onda
μ	=	fattore d'amplificazione
ϱ	=	resistività o resistenza specifica
φ	=	angolo di fase o sfasamento
ω	=	pulsazione

TABELLA DEI MATERIALI MAGGIORMENTE IMPIEGATI IN ELETTROTECNICA

Materiale	Resistività *ohm mm/m²*	Conduttività *siemens m/mm²*	Coefficiente di temperatura	Peso specifico *kg/dm³*
Acciaio in filo	0,10-0,25	10-4	+ 0,005	7,8
Alluminio	0,028-0,03	35,7-33,3	+ 0,0041	2,7
Argento	0,016	62,5	+ 0,0036	10,6
Argentone	0,35-0,50	2,86-2	+ 0,0003-0,0007	8,5
Bismuto	1,1-1,4	0,91-0,715	+ 0,0036	9,8
Carbone	20-100	0,05-0,01	— 0,0003-0,0008	1,2-1,5
Costantana	0,5	2	— 0,00003	8,8
Ferro puro	0,11	9,1	+ 0,0047	7,8
Ferro - Barre acciaio	0,18-0,28	5,55-3,57	+ 0,0047	7,8
Grafite	13	0,077	— 0,0002-0,0007	1,8-2,35
Kantal A-1	1,45	0,69	+ 0,00007	7,1
Manganina	0,43	2,32	± 0,00001	8,4
Mercurio	0,95	1,05	+ 0,0009	13,6
Nichel	0,1	10	+ 0,0043	8,9
Nichel-Cromo	1,05-1,1	0,95-0,91	+ 0,00015-0,00025	8,42
Nichelina	0,4	2,5	+ 0,00013-0,00023	8,9
Ottone	0,07-0,09	14,3-11,1	+ 0,0013-0,0019	8,5
Piombo	0,2	5	+ 0,0042	11,4
Rame	0,0176	57	+ 0,004	8,9
Reotana	0,47-0,50	2,13-2	+ 0,00022	8,6
Stagno	0,11-0,14	9,1-7,15	+ 0,0044	7,2-7,4
Tantalio	0,165	6,06	+ 0,003	16,8
Tungsteno	0,07	14,3	+ 0,0051	19
Zinco	0,063	15,9	+ 0,0037	6,9-7,2

COLLEGAMENTO IN SERIE ED IN PARALLELO

Il circuito comprende	Collegamento in serie	Collegamento in parallelo
Un numero qualsiasi di resistenze	$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$
Due resistenze	$R = R_1 + R_2$	$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
Un numero qualsiasi di sorgenti di tensione	$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$	*Collegare in parallelo solo sorgenti di ugual valore di tensione*
Un numero qualsiasi di sorgenti di corrente	*Collegare in serie solo sorgenti di uguale intensità di corrente*	$I = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$
Un numero qualsiasi di conduttanze	$\frac{1}{G} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3} + \ldots$	$G = G_1 + G_2 + G_3 + \ldots$
Due conduttanze	$G = \frac{G_1 \cdot G_2}{G_1 + G_2}$	$G = G_1 + G_2$
Un numero qualsiasi di induttanze	$L = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots$	$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots$
Due induttanze	$L = L_1 + L_2$	$L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$
Un numero qualsiasi di capacità	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$	$C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$
Due capacità	$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$	$C = C_1 + C_2$
Resistenze ohmiche, reattanze induttive e reattanze capacitive	$Z = \sqrt{R^2_{att} + (R_{ind} - R_{cap})^2}$	$Y = \sqrt{G^2_{att} + (G_{ind} - G_{cap})^2}$
Rapporto	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{G_2}{G_1}$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{G_1}{G_2}$

CIRCUITI CON INDUTTANZE

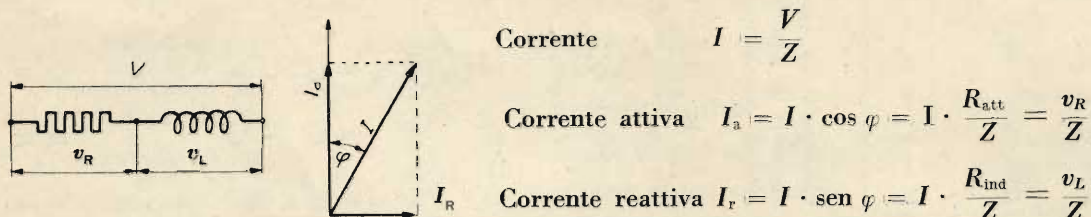
1. Correnti.

a) *Collegamento in serie.*

Se una resistenza e una reattanza sono collegate in serie, la tensione V si suddivide in una componente attiva v_R, applicata alla resistenza, e in una componente reattiva v_L, applicata alla reattanza. Anche la corrente I può essere scomposta nella componente attiva I_a e nella componente reattiva I_r, e i calcoli possono essere eseguiti con questi valori. In realtà però è presente solo la corrente totale I.

Corrente $\quad I = \dfrac{V}{Z}$

Corrente attiva $\quad I_a = I \cdot \cos\varphi = I \cdot \dfrac{R_{att}}{Z} = \dfrac{v_R}{Z}$

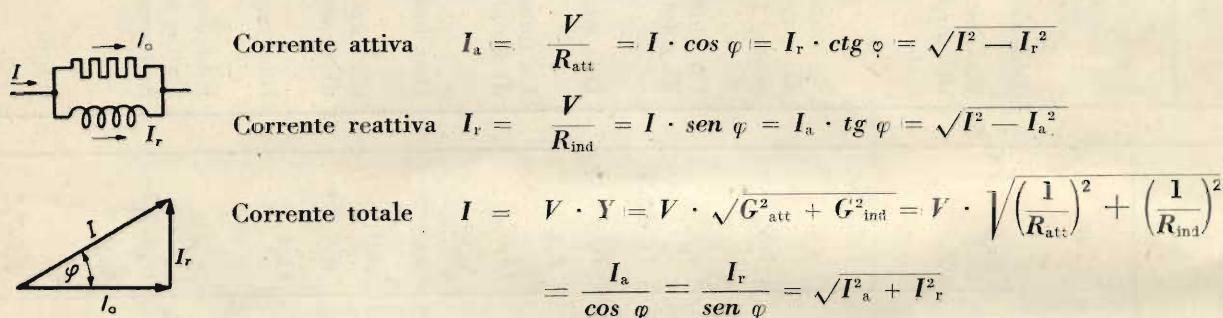
Corrente reattiva $\quad I_r = I \cdot \operatorname{sen}\varphi = I \cdot \dfrac{R_{ind}}{Z} = \dfrac{v_L}{Z}$

b) *Collegamento in parallelo.*

Quando una resistenza e una reattanza sono collegate in parallelo, si ha realmente la presenza della corrente attiva I_a e della corrente reattiva I_r. Si ha invece una sola tensione V. Si ottiene quindi:

Corrente attiva $\quad I_a = \dfrac{V}{R_{att}} = I \cdot \cos\varphi = I_r \cdot \operatorname{ctg}\varphi = \sqrt{I^2 - I_r^2}$

Corrente reattiva $\quad I_r = \dfrac{V}{R_{ind}} = I \cdot \operatorname{sen}\varphi = I_a \cdot \operatorname{tg}\varphi = \sqrt{I^2 - I_a^2}$

Corrente totale $\quad I = V \cdot Y = V \cdot \sqrt{G^2_{att} + G^2_{ind}} = V \cdot \sqrt{\left(\dfrac{1}{R_{att}}\right)^2 + \left(\dfrac{1}{R_{ind}}\right)^2}$

$$= \frac{I_a}{\cos\varphi} = \frac{I_r}{\operatorname{sen}\varphi} = \sqrt{I^2_a + I^2_r}$$

2. Resistenze.

a) *Collegamento in serie.*

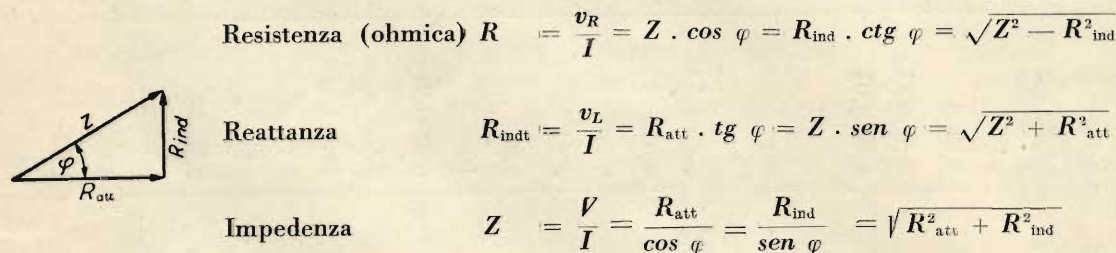
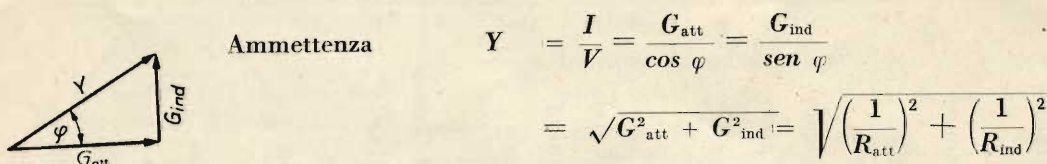
Resistenza (ohmica) $\quad R = \dfrac{v_R}{I} = Z \,.\, \cos\varphi = R_{ind} \,.\, \operatorname{ctg}\varphi = \sqrt{Z^2 - R^2_{ind}}$

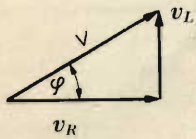
Reattanza $\quad R_{indt} = \dfrac{v_L}{I} = R_{att} \,.\, \operatorname{tg}\varphi = Z \,.\, \operatorname{sen}\varphi = \sqrt{Z^2 + R^2_{att}}$

Impedenza $\quad Z = \dfrac{V}{I} = \dfrac{R_{att}}{\cos\varphi} = \dfrac{R_{ind}}{\operatorname{sen}\varphi} = \sqrt{R^2_{att} + R^2_{ind}}$

b) *Collegamento in parallelo.*

Ammettenza $\quad Y = \dfrac{I}{V} = \dfrac{G_{att}}{\cos\varphi} = \dfrac{G_{ind}}{\operatorname{sen}\varphi}$

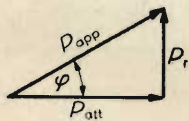
$$= \sqrt{G^2_{att} + G^2_{ind}} = \sqrt{\left(\frac{1}{R_{att}}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_{ind}}\right)^2}$$

3. Tensioni.

a) *Collegamento in serie.*

Tensione ai capi della resistenza	$v_R = I \cdot R_{att} = V \cdot \cos\varphi = v_L \cdot ctg\,\varphi = \sqrt{V^2 - v_L^2}$
Tensione ai capi della reattanza	$v_L = I \cdot R_{ind} = v_R \cdot tg\,\varphi = V \cdot sen\,\varphi = \sqrt{V^2 - v_R^2}$
Tensione totale	$V = I \cdot Z = \dfrac{v_R}{\cos\varphi} = \dfrac{v_L}{sen\,\varphi} = \sqrt{v_R^2 + v_L^2}$

b) *Collegamento in parallelo.*

Nel collegamento in parallelo si ha soltanto la tensione V, per la quale vale la seguente relazione:

$$\text{Tensione } V = \frac{I}{Y}$$

4. Potenze.

Potenza attiva	$P_{att} = I_a \cdot V = I \cdot v_R = I \cdot V \cdot \cos\varphi = P_{app} \cdot \cos\varphi$
Potenza reattiva	$P_r = I_r \cdot V = I \cdot v_L = I \cdot V \cdot sen\,\varphi = P_{app} \cdot sen\,\varphi$
Potenza apparente	$P_{app} = I \cdot V = \dfrac{I_a \cdot V}{\cos\varphi} = \dfrac{I \cdot v_R}{\cos\varphi} = \dfrac{P_{att}}{\cos\varphi} = \dfrac{P_r}{sen\,\varphi}$

5. Angolo di fase, rispett. fattore di potenza.

Fattore di potenza

$$\cos\varphi = \frac{I_a}{I} = \frac{R_{att}}{Z} = \frac{v_R}{V} = \frac{P_{att}}{P_{app}}$$

$$sen\,\varphi = \frac{I_r}{I} = \frac{R_{ind}}{Z} = \frac{v_L}{V} = \frac{P_r}{P_{app}}$$

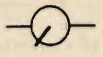
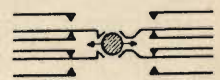
$$tg\,\varphi = \frac{I_r}{I_a} = \frac{R_{ind}}{R} = \frac{v_L}{v_R} = \frac{P_r}{P_{att}}$$

Per i circuiti capacitivi si possono usare le medesime formule, introducendo però la reattanza capacitiva R_{cap} in luogo di quella induttiva R_{ind}.

Grandezza da determinare	Formula
Tensione di autoinduzione	$v_L = I \cdot \omega \cdot L$ (volt)
Reattanza induttiva	$R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L = \omega \cdot L$ (ohm)
Reattanza capacitiva	$R_{cap} = \dfrac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \dfrac{1}{\omega \cdot C}$ (ohm)
Potenza reattiva induttiva	$P_r = \dfrac{V^2}{\omega \cdot L}$
Potenza reattiva capacitiva	$P_r = V^2 \cdot \omega \cdot C$

TABELLE DEL CORSO DI TELECOMUNICAZIONI

SIMBOLI GRAFICI PER GLI IMPIANTI DI TELECOMUNICAZIONI

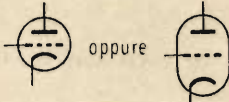
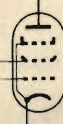
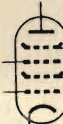
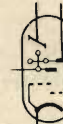
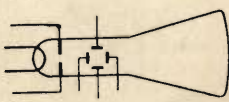
La normalizzazione dei segni grafici per gli impianti di telecomunicazione non è stata a tutt'oggi decisa definitivamente. Da anni sono in corso trattative tendenti a fissare dei simboli riconosciuti sul piano internazionale. In Italia sono state emesse le norme CEI sui « Segni grafici per le telecomunicazioni » (Fascicolo 58). In Svizzera, la SEV-ASE (Associazione Svizzera Elettrotecnica) ha pubblicato delle nuove proposte nel 1950 (pubblicazione N. 112). Queste proposte riguardano segni che differiscono in parte da quelli finora usati e riportati anche nel nostro Corso; in questi casi abbiamo indicato entrambe le varianti.

Non si garantisce che l'elenco sotto riportato sia completo. Esso contiene soprattutto quei simboli che sono già usati nel Corso, completati con una serie di simboli che potranno ugualmente essere utili al tecnico interessato alla materia.

SISTEMI DI CORRENTE, CONNESSIONI

Oggetto	Simbolo
Corrente continua	— oppure =
Corrente alternata, frequenza industriale	~
Corrente alternata, frequenza acustica (BF)	≈
Corrente alternata, alta frequenza (AF)	≋
Conduttore in generale (le linee vengono tracciate più o meno grosse a seconda dell'importanza del circuito)	
Incrocio senza connessione	
Incrocio con connessione elettrica	
Linea derivata	
Terra	

ELEMENTI DI CIRCUITO

Oggetto	Simbolo
Organo regolabile durante l'esercizio, simbolo generale	
Contatto a cursore	
Condensatore (capacità), in generale	
Condensatore variabile	
Condensatore tarabile o compensatore (trimmer)	
Condensatore elettrolitico con contrassegno dell'armatura esterna . . .	

Oggetto	Simbolo
Resistenza in generale (con o senza induttanza)	oppure
Resistenza variabile, reostato	oppure
Reostato a cursore	oppure
Resistenza priva di induttanza (puramente ohmica)	
Resistenza variabile con cursore, priva di induttanza (potenziometro) . .	
Bobina d'induzione (induttanza), in generale	
Induttanza variabile	
Induttanza variabile con cursore	
Induttanza con nucleo di ferro	
DISPOSITIVI DI INTERRUZIONE E DI INSERZIONE	
Morsetto, simbolo generale	○ •
Punto di collegamento fisso	•
Punto di collegamento facilmente apribile	○
Contatto	
Tasto o pulsante con contatto di lavoro	
Tasto o pulsante con contatto di riposo	
Commutatore a pulsante, contatto di scambio	
Commutatore unipolare a più posizioni	
Commutatore bipolare a due posizioni	
Relè in generale	oppure
Relè a più contatti	

Oggetto	Simbolo
Relè ad attrazione ritardata (relè a tempo)	
Relè a caduta ritardata	
Relè polarizzato	
Relè a corernte alternata	
Relè differenziale	
SORGENTI DI CORRENTE, RADDRIZZATORI, TERMOCOPPIE	
Pila o celle d'accumulaore	
Batteria costituita da diversi elementi	
Batteria d'acumulatori	
Generatore di corrente continua	
Generatore di corrente alternata	
Raddrizzatore o detector	oppure
Termoçoppia a riscaldameno indiretto	
Termocoppia a riscaldameno diretto	
DISPOSITIVI DI SEGNALAZIONE	
Suoneria in generale	
Suoneria per corrente continua	
Suoneria a un colpo solo	
Suoneria per corrente alternana	
Relè a sportellino o a cartellino	

Oggetto	Simbolo
Lampadina spia	
Segnalatore ottico periodico	
DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	
Valvola fusibile, in generale	
Fusibile grossolano (correnti superiori a 1 ampère)	
Fusibile fine (correnti inferiori a 1 ampère)	
Fusibile per batteria	
Scaricatore in aria (protezione grossolana contro le sovratensioni) . . .	
Scaricatore nel vuoto (protezione fine contro le sovratensioni)	
TRASFORMATORI E REGOLATORI DI TENSIONE	
Trasformatore in generale	oppure
Trasformatore, simbolo semplificato	oppure
Trasformatore con nucleo di ferro	oppure
Trasformatore di regolazione	oppure
Potenziometro (partitore di tensione)	oppure
STRUMENTI DI MISURA	
Voltmetro	V
Amperometro, milliamperometro	A mA
Frequenziometro	f

Oggetto	Simbolo
Ohmetro	
Ondametro	
Galvanometro	
APPARECCHI ACUSTICI	
Altoparlante, in generale	
Rilevatore fonografico (pick-up)	
Tromba elettromagnetica (clakson)	
TELEFONIA	
Microfono	
Ricevitore telefonico	
Microtelefono	
Generatore magnetoelettrico (induttore a manovella), simbolo generale . .	
Presa telefonica (jack)	
Presa (jack) completa di molle	
Spina telefonica (plug) a uno, due e tre poli	
Chiave telefonica a ritorno automatico (p. es. chiave di chiamata) . . .	
Chiave telefonica a due posizioni stabili (p. es. chiave di conversazione) .	
Chiave a tre posizioni (due stabili, una instabile)	
Stazione telefonica, simbolo generale	
Stazione telefonica, sistema a batteria locale	
Stazione telefonica, sistema a batteria centrale	

Oggetto	Simbolo
Stazione telefonica automatica	
Centrale telefonica (tavolo di commutazione), simbolo generale . . .	
Centrale a batteria locale	
Centrale a batteria centrale	
Centrale semiautomatica	
Centrale automatica	
Selettore o cercatore, simbolo generale :	
Selettore con più spazzole di contatto	
Selettore a più gradini, per es. a sollevamento e rotazione	
Cercatore di chiamata	
Registratore (immagazzinatore d'impulsi)	
Contatore di conversazioni (contatore d tempo e di zona)	n oppure CTZ
TELEGRAFIA	
Apparato o installazione telegrafica, simbolo generale	T
Apparato Morse	M
Manipolatore Morse	
Ricevitore Morse per corrente di lavoro	
Ricevitore Morse per corrente di riposo	
TELESCRIVENTI	
Apparato Hughes	H
Apparato Siemens	S
Telescrivente aritmica	D

Oggetto	Simbolo
Trasmettitore a zona perforata	
Ricevitore a zona perforata	
LINEE	
Linea di telecomunicazione in generale	
Linea telefonica	F
Linea telegrafica	T
Linea in cavo con involucro metallico	
Bobina Pupin, simbolo generale	
Linea pupinizzata	
Linea krarupizzata	
Circuito virtuale	
Linea esercitata in un sol senso	
Linea esercitata in entrambi i sensi	
RADIOTELEGRAFIA D'IMMAGINI	
Cellula fotoelettrica	oppure
Trasmettitore d'immagini (apparato fototelegrafico)	P
TUBI ELETTRONICI	
Anodo	
Catodo a riscaldamento diretto	
Catodo a riscaldamento indiretto	oppure

Oggetto	Simbolo
Griglia pilota	
Griglia di soppressione	
Griglia schermo	
Diodo	
Doppio diodo	
Triodo	oppure
Pentodo	
Esodo	
Eptodo	
Tubo indicatore di sintonia	
Tubo con riempimento di gas nobile	
Tubo a raggi catodici	
RADIOTECNICA	
Antenna, simbolo generale	oppure
Antenna di trasmissione	

Oggetto	Simbolo
Antenna di ricezione	
Antenna a telaio o quadro	
Antenna a dipolo	
Amplificatore	oppure
Amplificatore di BF	
Amplificatore di AF	
Spinterometro	
Cellula piezoelettrica (cristallo)	
Filtro, simbolo generale	
Filtro passa-alto	
Filtro passa-basso	
Filtro di banda	
Filtro ad eliminazione di banda	

ALFABETO GRECO

Nome	Minuscolo	Maiuscolo	Corrisp. ital.	Nome	Maiuscolo	Minuscolo	Corrisp. ital.
Alfa	Α	α	a	Ny	Ν	ν	n
Beta	Β	β	b	Xi	Ξ	ξ	x
Gamma	Γ	γ	g	Omicron	Ο	ο	o breve
Delta	Δ	δ	d	Pi	Π	π	p
Epsilon	Ε	ε	e breve	Rho	Ρ	ρ	r
Zeta	Ζ	ζ	z	Sigma	Σ	σ	s
Eta	Η	η	e lungo	Tau	Τ	τ	t
Theta	Θ	θ	th	Ypsilon	ϒ	υ	y
Iota	Ι	ι	i	Fi	Φ	φ	f (ph)
Kappa	Κ	ϰ	k	Chi	Χ	χ	ch
Lambda	Λ	λ	l	Psi	Ψ	ψ	ps
My	Μ	μ	m	Omega	Ω	ω	o lungo

Piano delle onde delle principali stazioni europee e di quelle Italiane (1952)

Lunghezza d'onda m	Frequenza kHz	Stazione	Potenza kW
		ONDE LUNGHE (150-285 kHz)	
1936	155	Brasov (Romania)	150
1830	164	Allouis (Francia)	450
1734	173	Mosca I (Russia)	500
1571	191	Motala (Svezia)	200
1500	200	Droitwich (Inghilterra)	400
1376	218	Oslo (Norvegia)	200
1321	227	Varsavia I (Polonia)	200
1103	272	Praga (Cecoslovacchia)	200
400-500 kHz		Navigazione, polizia, ecc.	—
		ONDE MEDIE (525-1605 kHz)	
577	529	Beromüntser (Svizzera)	150
557	539	Budapest I (Ungheria)	135
539	557	Monte Ceneri (Svizzera)	50
530	566	Athlone I (Irlanda)	100
		Caltanissetta	25
522	575	Riga (Lettonia)	100
514	584	Vienna I (Austria)	120
506	593	Sundsvall (Svezia)	150
499	602	Lione (Francia)	150
484	620	Brusselle (Belgio)	150
470	638	Praga I (Cecoslovacchia)	150
464	647	Droitwich II (Inghilterra)	120
457	656	Gruppo sincronizzato A1:	
		Bolzano 1	20
		Firenze 1	100
		Napoli 1	100
		Torino 1	45
		Venezia 1	25
445	674	Marsiglia (Francia)	100
439	683	Belgrado (Jugoslavia)	150
434	692	Moorside Edge (Inghilt.)	150
423	710	Limoges (Francia)	150
417	719	Lisbona (Portogallo)	120
412	728	Atene (Grecia)	100
402	746	Hilversum I (Olanda)	120
393	764	Sottens (Svizzera)	150
388	773	Stoccolma (Svezia)	150
384	782	Kiev II (Ucraina)	100
379	791	Rennes (Francia)	150
375	800	Leningrado II (Russia)	100
367	818	Posen (Polonia)	100
359	836	Nancy (Francia)	150
355	845	Roma 2	150
352	854	Bucarest (Romania)	150
348	863	Parigi I (Francia)	150
344	872	Mosca III (Russia)	150
340	881	Washford (Inghilterra)	150
334	899	Milano 1	150
330	908	Londra (Inghilterra)	150
324	926	Brusselle II (Belgio)	150
318	944	Tolosa (Francia)	100
315	953	Morava (Cecoslovacchia)	150
309	971	Amburgo (Germania)	70
306	980	Goteborgo (Svezia)	150
298	1007	Hilversum II (Olanda)	120
295	1016	Costantinopoli (Turchia)	150
292	1025	Graz (Austria)	100
290	1034	Gruppo sincronizzato A2:	
		Genova 2	10
		Milano 2	25
		Napoli 2	5
		Venezia	25
288	1043	Stazione germanica zona russa	70
285	1052	Start Point (Inghilterra)	150
283	1061	Cagliari 1	25
280	1070	Parigi II (Francia)	100
276	1088	Droitwich III (Inghilterra)	150
273	1097	Bratislava (Cecoslovacchia)	150
269	1115	Gruppo sincronizzato B2:	
		Bari 2	50
		Bologna 2	50
		Pisa	25
265	1133	Zagabria (Jugoslavia)	135
263	1142	Trieste	
259	1160	Strasburgo (Francia)	150
257	1169	Odessa (Ucraina)	150
253	1187	Budapest II (Ungheria)	135
251	1196	Staz. germanica zona francese	70
249	1205	Bordeau (Francia)	100
243	1232	Praga II (Cecoslovacchia)	100
237	1268	Belgrado II (Jugoslavia)	135
235	1277	Lilla (Francia)	150
232	1295	Ottringham (Inghilterra)	150
229	1313	Stavanger (Norvegia)	100
225	1331	Gruppo sincronizzato B1:	
		Bari 1	20
		Bologna 1	25
		Catania 1	0,25
		Genova 1	50
		Messina	5
		Palermo 1	0,25
		Pescara 1	25
		Roma 1	100
224	1340	Crowborough (Inghilterra)	150
222	1349	Marsiglia (Francia)	50
220	1367	Gruppo sincronizzato A3:	
		Bari 3	1
		Bologna 3	1
		Bolzano 3	
		Catania 3	0,25
		Firenze 3	2
		Genova 3	0,25
		Milano 3	10

Lunghezza d'onda m	Frequenza kHz	Stazione	Potenza kW
		Napoli 3	1
		Palermo 3	0,25
		Roma 3	5
		Torino 3	5
		Venezia 3	5
218	1376	Strasburgo II (Francia)	150
217	1385	Kaunas (Lituania)	150
215	1394	Innsbruck-Vorarlberg (Austria)	15
209	1439	Lussemburgo	150
207	1448	Gruppo sincronizzato C2:	
		Ancona 2	5
		Catania 2	5
		Firenze 2	5
		Palermo 2	25
		Sanremo	5
		Torino 2	20
205	1466	Montecarlo (Monaco)	120
202	1484	Verona 1	1
		Bolzano 2	1
		Udine	1
		La Spezia	0,25
197	1529	Città del Vaticano	100
193	1554	Stazione germanica zona americana	70
190	1578	Alessandria	0,025
		L'Aquila	0,025
		Arezzo	0,025
		Ascoli Piceno	0,025
		Biella	0,025
		Bressanone	0,025
		Cuneo	0,025
		Foggia	0,025
		Merano	0,025
		Pescara 2	0,025
		Potenza	0,025
		Reggio Calabria	0,025
		Salerno	0,025
		Savona	0,025
		Siena	0,025
		Trento	0,025
		Verona 2	0,100
		Vicenza	0,025
189	1586	Staz. germanica zona ingl.	70
187	1602	Staz. germanica zona amer.	70

1,5 — 3 MHZ Stazioni radio commerciali

ONDE CORTE (3 — 30 MHz)

3 — 5 MHz Dilettanti

ONDE ULTRACORTE (30 — 300 MHz)

Canali di televisione secondo il CCIR:
41, 48, 55, 62, 69 MHZ
86, 93, 100 MHz
174, 181, 188, 195, 202, 209, 216 MHz

ONDE DECIMETRICHE (300 — 3000 MHz)

ONDE CENTIMETRICHE (3000 — 30000 MHz)

STAZIONI ITALIANE A MODULAZIONE DI FREQUENZA

Lunghezza d'onda m	Frequenza kHz	Stazione	Potenza kW
3,34	89,9	Monte Penice II	3
3,30	90,9	Bologna	1
3,27	91,7	Monte Penice	3
3,26	91,9	Genova	3
3,20	93,7	Milano II	
3,19	93,9	Firenze	
3,17	94,5	Napoli	
3,16	94,9	Venezia	
3,12	95,9	Torino II	3
3,03	98,9	Roma	3
3,03	98,9	Torino	3
3,00	99,9	Milano	3

Stampato come manoscritto

Ogni alienazione, prestito o diffusione in genere di questa Dispensa, anche in riassunto, è proibita.

Tutti i diritti, in particolare la traduzione in lingue straniere, sono riservati.